

T.C.
BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM
DALI



FİZYOTERAPİ TEDAVİSİNDE AĞRI EŞİĞİNİ ÖLÇEN
SİSTEM TASARIMI VE UYGULANMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAKAN ÇAĞLAR

TEZ DANIŞMANI

Doç.Dr Nihat DALDAL

BOLU, TEMMUZ - 2023

KABUL VE ONAY SAYFASI

HAKAN ÇAĞLAR tarafından hazırlanan “**FİZİYOTERAPİ TEDAVİSİNDE AĞRI EŞİĞİNİ ÖLÇEN SİSTEM TASARIMI VE UYGULANMASI**” adlı tez çalışması jürimiz tarafından Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak oy birliğiyle kabul edilmiştir 18/07/2023

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman
Doç. Dr. Nihat DALDAL
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

.....

Üye
Prof. Dr. Erdal BEKİROĞLU
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

.....

Üye
Dr. Öğr. Üyesi Hakan ÖCAL
Bartın Üniversitesi

.....

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Onayı

Prof. Dr. İbrahim KÜRTÜL
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu bildirir,

aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Teze ilişkin Turnitin adlı programında enstitü müdürlüğünce belirlenen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan benzerlik raporuna göre, tezin benzerlik oranı %30'u geçmemektedir.

.....

HAKAN ÇAĞLAR

ÖZET

**FİZYOTERAPİ TEDAVİSİNDE AĞRI EŞİĞİNİ ÖLÇEN SİSTEM
TASARIMI VE UYGULANMASI
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Hakan ÇAĞLAR
BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
(TEZ DANIŞMANI: DOÇ.DR. NİHAT DALDAL)
BOLU, TEMMUZ - 2023
XIII + 58**

Ağrı, vücudun bir uyarı işaretidir ve tedavi sürecinde hastanın durumunu değerlendirmek için önemli bilgiler sunar. Bu sebeple ağrı tedavisinde en önemli adım öncelikle ağrı değerinin belirlenmesidir. Günümüzde ağrı değerlendirmek için kullanılan birçok yöntem vardır. Ağrı değerlendirmesi, tedaviye verilen yanıtın takip edilmesine yardımcı olur. Tedavi başladıktan sonra ağrı şiddetindeki değişiklikler ve semptomların gelişimi düzenli olarak değerlendirilir. Bu takip, tedavinin etkinliğini değerlendirmek ve gerektiğinde değişiklikler yapmak için de son derece önemlidir. Bu çalışma da ağrı değerlendirme kriterleri ve ağrı değerlendirmesinde kullanılan yöntemler incelenmiştir. Ayrıca ağrı değerlendirme işleminde yaygın şekilde kullanılan algometre cihazı irdelenmiş olup ülkemizde kullanımı için ithal edilen bu cihazın tasarımına yönelik deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Çalışmada farklı yapıda algometre cihazları deneysel olarak tasarlanmış olup, birbirleriyle kıyaslaması yapılmıştır. Sağlık alanında yaygın olarak kullanılan bu cihazın ülkemizde de üretimine yönelik çalışmaları başlatacağı hedeflenmektedir.

ANAHTAR KELİMELELER: Ağrı, Ağrı Değerlendirmesi, Algometre

ABSTRACT

**PAIN MEASUREMENT METHODS AND ALGOMETER DEVICE
DESIGN DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A SYSTEM
MEASURING PAIN THRESHOLD IN PHYSIOTHERAPY TREATMENT
MSC THESIS
HAKAN AĞLAR
BOLU ABANT İZZET BAYSAL UNIVERSITY
INSTITUTE OF GRADUATE STUDIES
DEPARTMENT OF ELECTRICAL ELECTRONICS ENGINEERING
(SUPERVISOR: ASSOC. DR. NİHAT DALDAL)
BOLU, JULY 2023
XIII + 58**

Pain is a warning sign of the body and provides important information to assess the patient's condition during the treatment process. For this reason, the most important step in the treatment of pain is first of all to determine the pain value. There are many methods used to assess pain today. Pain assessment helps to monitor the response to treatment. After starting treatment, changes in pain severity and the development of symptoms are regularly evaluated. This follow-up is also extremely important to evaluate the effectiveness of treatment and make changes when necessary. In this study, pain assessment criteria and methods used in pain assessment were examined. In addition, the algometer device, which is widely used in the pain assessment process, was examined and experimental studies were carried out on the design of this device, which was imported for use in our country. In the study, algometer devices of different structures were designed experimentally and comparisons were made with each other. It is aimed that this device, which is widely used in the field of health, will also initiate studies for its production in our country.

KEYWORDS: Pain, Pain Assessment, Algometer

İÇİNDEKİLER

Sayfa

KABUL VE ONAY SAYFASI	iii
ETİK BEYAN.....	iv
ÖZET.....	v
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
TABLO LİSTESİ	x
FOTOĞRAF LİSTESİ	xi
KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ	xii
TEŞEKKÜR	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	3
3. GENEL BİLGİLER	8
3.1 Ağrının Tanımı	8
3.2 Ağrı Tarihçesi	9
3.3 Ağrının Öğeleri	10
3.4 Ağrı Teorileri	11
3.4.1. Noktasal Teori:	11
3.4.2. Kapı Kontrol Teorisi:	11
3.4.3. Algısal Teori:	11
3.4.4. Sinirsel Plastisite Teorisi:	11
3.5 Ağrı Hafızası.....	11
3.6 Ağrının Uyarılma Aşamaları	12
3.6.1. Transdüksiyon:	13
3.6.2. İletim:	13
3.6.3. Modülasyon:	13
3.6.4. Algılama:	13
3.7 Ağrı Sınıflandırılması	13
3.7.1 Süresine göre	13
3.7.2 Kaynağına göre.....	14
3.7.3 Şiddetine göre	14
3.7.4 Yerine göre	14
3.7.5 Etki şekline göre	14
3.8 Ağrı Algısını Etkileyen Faktörler	14
3.8.1. Yaş:	14
3.8.2. Cinsiyet:	15
3.8.3. Geçmiş Deneyimler:	15
3.8.4. Kişilik yapısı:	15

3.8.5. Kültür:	15
3.8.6. Anksiyete Etkisi:	15
3.9 Ağrının Değerlendirilmesi	16
3.9.1 Ağrı Değerlendirilmesinde Dikkat Edilmesi Gereken Durumlar	16
3.10 Ağrının Değerlendirilmesinde �l�ek Kullanımı	17
3.10.1 Tek Boyutlu �l�ekler:	17
3.10.2 Çok Boyutlu �l�ekler:	22
3.11 Ağrı Tedavi Yöntemleri	24
3.11.1 İlaçlar:	25
3.11.2 Fizik tedavi:	25
3.11.3 Cerrahi müdahale:	25
3.11.4 Bitkisel tedavi:	25
3.11.5 Davranışsal terapi:	25
3.12 Fizik Tedavi Ve Yöntemleri	26
3.13 Fizik Tedavide Kullanılan Cihazlar	26
3.13.1 Ultrason cihazı:	26
3.13.2 Elektromiyografi (EMG) cihazı:	26
3.13.3 TENS (Transkutanöz Elektriksel Sinir Stimülasyonu) cihazı:	26
3.13.4 Manyetik rezonans (MR) cihazı:	27
3.13.5 Isıtıcı cihazlar:	27
3.13.6 Lazer terapi cihazları:	27
3.13.7 Egzersiz cihazları:	27
3.13.8 Pulsed Electromagnetic Field Therapy (PEMF) cihazları:	27
3.14 Algometre Cihazı	27
3.15 Yapay Sinir Ağları (YSA)	29
3.15.1 Yapay Sinir Ağları �zellikleri	30
3.15.2 Yapay Sinir Ağları Modelleri	30
3.15.3 Tek Katmanlı Algılayıcılar	30
3.15.4 Çok katmanlı Algılayıcı	31
3.15.5 İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağları	32
3.15.6 Geri Beslemeli Yapay Sinir Ağları	32
4. ALGOMETRE CİHAZ TASARIMI	33
4.1 Yaylı – Potansiyometre Yapılı Algometre:	33
4.2 Load Cell Yapılı Algometre:	35
4.3 Hall-Effect Sensör Yapılı Algometre:	39
5. BULGULAR	44
5.1 Yaylı-Potansiyometre Yapılı Algometre Sayısal Veriler:	44
5.2 Load Cell Yapılı Algometre Sayısal Veriler:	46
5.3 Hall Effect Sensör Yapılı Algometre Sayısal Veriler	47
5.4 Yapay Sinir Ağı Kullanımı	49
5.4.1 R^2 (Belirsizlik katsayısı):	51
5.4.2 MSE (Mean Squared Error):	52
5.4.3 Curve Fitting (Matlab Eğri Uydurma):	52
6. TARTIşMA	54
7. SONUÇ VE ÖNERİLER	55
8. KAYNAKLAR	56

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1 Sayısal Değerlendirme Ölçeği	18
Şekil 3.2 Yüz İfadesi Ölçeği	19
Şekil 3.3 Kelime Descriptif Ölçeği	19
Şekil 3.4 Görsel Kıyaslama Ölçeği	20
Şekil 3.5 Burford Ağrı Termometresi	22
Şekil 3.6 Mc Gill-Melzack Ağrı Soru Formu	24
Şekil 3.7 Biyolojik sinir hücresi ve yapay sinir ağı	29
Şekil 3.8 Tek katmanlı algılayıcı	31
Şekil 3.9 Çok katmanlı algılayıcı modeli	31
Şekil 3.10 İleri beslemeli ağ yapısı	32
Şekil 3.11 Geri beslemeli ağ yapısı	33
Şekil 4.1 Yaylı Potansiyometre yapılı algometre yapısı	34
Şekil 4.2 Yaylı Potansiyometre yapılı algometre akış şeması	34
Şekil 4.3 Load cell çalışma prensibi	36
Şekil 4.4 HX711 kartı ve bağlantı şeması	37
Şekil 4.5 Load Cell ölçüm tip algometre akış şeması	38
Şekil 4.6 Load cell sensör tip algometre yapı birimleri	38
Şekil 4.7 Mıknatısın Manyetik Hale Dik Etki Ederek Voltaj Oluşturması	40
Şekil 4.8 Hall Sensörünün Mıknatısı Algılaması	41
Şekil 4.9 Hall Effect Sensörlü algometre yapısı	42
Şekil 4.10 Hall Effect sensörlü ölçüm tip algometre akış şeması	42
Şekil 5.1 Gerilim okuma devresi	44
Şekil 5.2 Yaylı Potansiyometre yapılı algometre okunan değer grafiği	45
Şekil 5.3 Kuvvete göre Load Cell den okunan değerler grafiği	46
Şekil 5.4 Hall effect yapılı algometre 1. ve 2. Sensörlerden alınan değerler....	49
Şekil 5.5 Hall effect yapılı algometre 3. ve 4. Sensörlerden alınan değerler....	49
Şekil 5.6 Yapay sinir ağı uygulama şeması	50
Şekil 5.7 YSA Eğitim ve Doğrulama grafiği	50
Şekil 5.8 YSA Test ve Tüm grafik	51
Şekil 5.9 Curve fitting (Eğri uydurma) da polinom denklemi ile tahmin	53

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 3.1. Biyolojik sinir sisteminin yapay sinir sistemi karşılıkları.....	30
Tablo 5.1. Kuvvete göre Hall effect sensorlerden okunan değerler.....	48
Tablo 5.2 YSA MSE ve R2 değerleri.....	51



FOTOĞRAF LİSTESİ

Sayfa

Fotoğraf 3.1 Analog tip algometre ve kullanımı	28
Fotoğraf 3.2 Dijital tip algometre cihazı	28
Fotoğraf 4.1 Yaylı potansiyometre yapılı tip algometre	35
Fotoğraf 4.2 Load cell	36
Fotoğraf 4.3 Load cell ölçüm yapılı algometre	39
Fotoğraf 4.4 Hall effect sensör	39
Fotoğraf 4.5 Hall Effect sensörlü algometre cihazı	41



KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ

GKÖ	: Görsel Kıyaslama Ölçeği
NSAID	: Nonsteroidal Antiinflatuar İlaçlar
EMG	: Elektromiyografi
TENS	: Transkutanöz Elektriksel Sinir Stimülasyonu
MR	: Manyetik rezonans
PEMF	: Elektromiyografi Pulsed Electromagnetic Field Therapy
YSA	: Yapay Sinir Ağları
GBYSA	: Geri Beslemeli Yapay Sinir Ağları
ADC	: Analog Digital Converter
YSA	: Yapay Sinir Ağı
MSE	: Ortalama Kare Hatası
MNT	: Mekanik Nosisseptif Eşik
PPT	: Basınç Ağrı Eşiğini
ICC	: Sınıf içi kolerasyon katsayısı
AC	: Adeziv Kapsülit
IMU	: Ataletsel Ve Manyetik Sensörler
PSQ	: Ağrı Duyarlılığı Anketleri
VAS	: Vizüel Analog Skala
PFE	: Pelvik Taban Egzersizleri
MT	: Manuel Terapi
NRS	: Sayısal Derecelendirme Ölçeği
KT	: Kinezyo bantlamanın
NSCNP	: Nonspesifik Kronik Boyun Ağrısı
IASP	: Uluslararası Ağrı Araştırmaları Teşkilatı

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans dönemimin her aşamasında, değerli bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan, bana rehberlik eden ilgi ve yardımını hiçbir zaman esirgemeyen değerli danışman hocam Sayın Doç. Dr. Nihat DALDAL'a, tez çalışmasında değerli fikirlerinden yararlandığım Dr. Öğr. Üyesi Ramazan KURUL hocama, cihaz tasarım aşamasında bilgi ve becerisiyle destek olan çalışma arkadaşım Fikri YILMAZ'a ve hayatımın her döneminde olduğu gibi bu süreçte de yanımda olup destekleyen aileme çok teşekkür ederim.



1. GİRİŞ

Ağrı, insanlık tarihi başlangıcından itibaren varolan bir deneyimdir. İnsanoğlu binlerce yıldır ağrı durumu ile mücadele etmiştir. Yaşam devam ettikçe ağrının tıbbi âlem de anlaşılması ve tedavisi de zaman içinde gelişmiştir. Antik çağlarda, ağrıyı etkileyen faktörler hakkında dar bir anlayış olmuştur ve tedavi için genelde mitolojik ve dini inançlar tercih edilmiştir. Bir takım doğa ve doğaüstü güçlere ilgi duyulmuş, bazı durumlar da bunlardan korunma yolları aranmış, bazen de onlardan yararlanmak için gayret edilmiştir[1]. Büyüsel tedavileri astroloji, taş ve maden, bitki, hayvan, renk, muska gibi nesneler üzerine konumlandırılmıştır[2]. Yöntemlerin ne zaman uygulanacakları, uygulanma sıklıkları gibi bilgilere de numerolojiden faydalanılmış ve gezegen ve burçlarla da irtibat içinde olunmuştur. Bu bağlamda sayıların çift veya tek oluşu, uygulamaların sonuçları açısından önemli olduğu görülmüştür[3]. Örneğin, Eski Mısır'da, baş ağrısı gibi rahatsızlıkların tedavisi için tanrıça İsis'e dua edilirdi. Yunanistan'da ise tanrı Asclepius'a adanmış tapınaklarda ağrı tedavisi yöntemleri kullanılmıştır[4]. Ağrının tıbbi olarak daha iyi anlaşıldığı ve tedavi edildiği dönemler, 19. yüzyıldan itibaren başlamıştır. Anestezi ve analjezi gibi yöntemlerin geliştirilmesi, ağrıyı azaltmak veya ortadan kaldırmak için önemli bir adım olmuştur. Bu dönemde ağrı üzerine araştırmalar artmış, sinir sistemi ve beyin fonksiyonlarıyla ilgili keşifler yapılmıştır. Günümüzde ise ağrı araştırmaları ve tedavileri daha çok gelişmiştir. Modern tıp, çeşitli ağrı sendromlarının nedenlerini belirlemek ve tedavi etmek için farmakolojik ve cerrahi yöntemleri kullanmaktadır.

Ağrı yönetimi, multidisipliner bir yaklaşım gerektirir ve farmakolojik tedavilerin yanı sıra fizik tedavi, psikoterapi, alternatif tedavi yöntemleri ve cerrahi gibi farklı seçenekleri içerir. Ağrı ölçümü, ağrı algısını objektif veya subjektif olarak değerlendirmek için kullanılan çeşitli yöntemlerin uygulandığı bir süreçtir. Ağrı, kişisel bir deneyim olduğu için ölçümü nispeten zorlu bir süreç olmuştur. Ağrıyı ölçmek için kullanılan bazı yöntemler, hastaların kendi ağrılarını değerlendirmelerine dayanır. Ancak bu yöntemler de bazı zorluklarla karşılaşabilir. Örneğin, insanlar ağrı şiddetini ifade etme konusunda farklı dil ve ifadeler kullanabilirler. Ayrıca, aynı ağrı seviyesini ifade eden iki kişi bile ağrıyı farklı şekillerde tanımlayabilirler.

Bilim insanları, beyin aktivitesi, kalp hızı, deri sıcaklığı gibi fizyolojik değişikliklerle ağrıyı ölçmeye çalışmışlardır. Bununla birlikte, bu tür ölçümlerde spesifik bir ağrı seviyesini kesin olarak belirlemekte zorluklar yaşanmış ve kişiden kişiye değişen sonuçlar elde edilmiştir. Ağrının şiddeti ve özellikleri, doktorlara doğru bir tanı koymalarında yardımcı olmaktadır. Ağrı ölçümü, hastaların konforunu ve sağlık hizmetlerinin etkinliğini iyileştirmek için de önemli bir araçtır. Doğru ve etkili bir ağrı yönetimi için ağrı şiddetinin objektif bir şekilde ölçülmesi ve hasta geri bildirimine dayalı bir tedavi yaklaşımı benimsenmesi gerekmektedir. Ağrı eşiğini veya ağrı şiddetini objektif bir şekilde ölçmek ve değerlendirmek için kullanılan önemli araçlardan birisi de algometre cihazlarıdır. Algometre cihazı, ağrıyı objektif bir şekilde ölçme ve değerlendirme imkânı sağlamaktadır. Ağrı, subjektif bir deneyim olduğu için hastaların ifade ettiği ağrı düzeyi kişiden kişiye farklılık gösterebilmektedir. Algometre cihazları, ağrıyı doğrudan fiziksel olarak ölçerek, daha nesnel ve standart bir ölçüm sağlamaktadır. Algometre cihazları, ağrının şiddetini ve eşiğini ölçerek, tanı ve tedavi planlamasında önemli bir rol oynamaktadır. Tedavi sürecinde ağrı şiddetinin objektif olarak ölçülmesi, tedavinin ne kadar etkili olduğunu görmek için bir referans noktası sağlamaktadır. Bu da tedavi planının gerektiğinde ayarlanması veya alternatif tedavi yöntemlerinin düşünülmesi konusunda sağlık profesyonellerine rehberlik etmektedir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Algometre cihazının sağlık alanında kullanımıyla ilgili birçok çalışma bulunmaktadır. Hossein Fallahi ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, yaygın olarak kullanılan tarım makinelerinden biri olan traktör kullanımının insan sağlığı üzerindeki olumsuz durumlarını incelemişlerdir. Çalışma esnasında debriyaj, fren ve direksiyonun sık sık kullanılması, olumsuz çalışma koşulları ile birlikte traktör sürücülerinin iş sağlığı üzerinde olumsuz etkilere neden olduğunu belirtmişlerdir. Yaptıkları araştırmada, traktör sürücülerinin kavrama sırasında Gastrocnemius, Trapezius ve Quadratus lumborum dahil olmak üzere üç angaje kasa uygulanan kuvvetleri incelemişlerdir. Sürücülerin seçici kaslarına uygulanan kuvvetleri belirlemek için algometre cihazı kullanmışlardır. Deneyleri, 30 sürücüden oluşan bir örneklem kullanılarak gerçekleştirmişlerdir. Çalışmanın örneklem büyüklüğünü belirlemek için Cochran yöntemi kullanılmıştır. Yapılan test ve ölçümler sonucunda traktörün kavrama kuvvetini azaltmak için traktör yapısında bir takım değişiklikler yapılması gerektiği, bu sayede sürücü sağlık sorunlarının azaltılabileceği vurgulanmıştır[5]. Bu çalışmada olduğu gibi benzer araştırmalarda da algometre cihazının test ve deney sonuçlarında kullanılabileceği görülmektedir.

Caroline de Castro Moura ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, kronik bel ağrısı fiziksel, fonksiyonel ve duygusal engellere neden olduğunu belirtmişlerdir. Kronik sırt ağrısı tedavisi için geleneksel Çin tıbbi terapilerinin uygulandığını söylemişlerdir. Çalışmalarında, kulak akupunkturunun hacamat tedavisi ile birlikte kronik sırt ağrısı olan kişiler üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. 18-70 yaşları arasında kronik sırt ağrısı(servikal, torasik ve / veya lomber) olan hastalardan oluşan bir grup ile çalışmışlardır. 198 katılımcı "kulak akupunktur" ve "kulak akupunktur ve çukurlaşma tedavisi" gruplarına rastgele dağıtılmıştır. Veriler üç farklı noktada olacak şekilde; hastayla ilk seanstan önce (başlangıç), son seanstan sonra (son) ve tedavi bitiminden yedi gün sonra (takip) toplanmıştır. Veri toplama aracı olarak Kısa Ağrı Envanteri, dijital bir algometre ve Rolland Morris Özürlülük Anketi kullanılmıştır. Sonuç ile ağrı şiddeti arasındaki ilişkiyi incelemek için Genelleştirilmiş Tahmin Denklemi modeli kullanılmıştır. Hacamat tedavisi ile birlikte kulak akupunkturunun, sadece kulak akupunktur kullanılarak yapılan tedaviye kıyasla kronik sırt ağrısının tedavisinde daha etkili olduğu gösterilmiştir.

[6]. Algometre cihazının bu çalışmada da kullanıldığı gibi ağrı ölçüm işlemlerinde kullanılabileceği görülmektedir.

Ray Postuma ve arkadaşları, çocuklardaki karın bölgesi ağrı hassasiyet değerinin, apandist tanısı ile ilişkilendirilmesi üzerine çalışma yapmışlardır. Çocukların karın bölgesindeki ağrı şiddetininin sübjektif olduğu içi tanımlanmasının zor olduğunu belirtmişlerdir. Çocuk genel cerrahına sevk edilen apandisit şüphesi olan çocuklarda, algometre kullanarak karın duvarı basınç-ağrı eşiklerini ve hassasiyet lokalizasyon oranları ölçülmüştür. Sonuçlar nihai tanı, standart tanı skorları ve karın ultrasonu ile ilişkilendirilmiştir. Yaptıkları deneysel çalışmalarla, algometrenin klinik uygulama, dokümantasyon ve araştırmalarda kullanılmak üzere ölçülebilir bir hassasiyet ölçüsü olarak dahil edilebileceğine değinilmiştir[7].

Phebe De Heus ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada, basınç algometresinin, mekanik nosiseptif eşik (MNT) değerleri ile kas-iskelet yanıtlarını ölçmek için objektif bir araç olarak tanımlandığını ifade etmişlerdir. Atlarda boyun ve sırt kas-iskelet hassasiyetinin objektif değerlendirmesi için bilimsel kanıt eksikliği olduğunu vurgulamışlardır. Yaptıkları çalışmada, fizyoterapistler tarafından uygulanan tanısal palpasyonun atın boynu ve sırt bölgesi kas-iskelet fonksiyonu üzerindeki etkisini objektif olarak ölçmek için basınç algometresinin kullanımını değerlendirmeyi amaçlamışlardır. Hayvan fizyoterapistlerinin denetçiler arası tekrarlanabilirliği test edildiğini ve vertebral kolon alanı için sübjektif klinik puanları, günlük at rehabilitasyon uygulamasında basınç algometresinin potansiyel klinik uygulamasını araştırmak için aynı yerlerde ölçülen MNT değerleriyle nesnel olarak karşılaştırıldığını belirtmişlerdir. Çalışmada altı yetişkin Dutch Warmblood binicilik okulu kısırağı rastgele bir deney veya kontrol grubuna atanmış, tüm atların MNT'si aynı günün sabahı ve akşamı vertebral kolonda önceden tanımlanmış 35 bölgeden ölçülmüştür. Çıkan sonuçlara göre yorumlama yapılmıştır. Algometre cihazının bu alanda ölçüm cihazı olarak tercih edildiği görülmektedir[8].

Dhinu J. Jayaseelan ve arkadaşları basınç ağrı eşiklerini ölçmek için elde tutulan dinamometrenin güvenilirlik ve geçerlilik çalışması yapmışlardır. Ağrının, kas-iskelet sistemlerinin en yaygın şikâyeti olduğunu belirtmişlerdir. Yaptıkları çalışmada 18 sağlıklı denek (25.6 ± 3.4 yaşında) katılmıştır. İki test cihazı, bir el tipi dinamometre ve bir dijital algometre kullanarak basınç ağrı eşiğini (PPT)

bağımsız olarak değerlendirmişlerdir. Değerlendirmeler daha önce belirlenen basınç algometrisi protokollerine göre yapılmıştır. Sınıf içi kolerasyon katsayısı (ICC) $> 0,9$ olduğu ve mükemmel uyum sağlandığı belirtilmiştir. Yapılan bu çalışmada da görüldüğü gibi algometre cihazı geçerli ve güvenilir bir ölçüm cihazı olarak kullanılabilir[9].

S. Starita ve arkadaşları adeziv (AC) kapsülit olarak tanımlanmış ve omuzda hareket kısıtlılığına neden olan bir rahatsızlığın tek taraflı olma durumunda, sağlıklı omuzda etkileyip etkileyemeyeceğini araştırmışlardır. İncelemelerinde konservatif fizyoterapi protokolü öncesi ve sonrası sağlıklı ve kapsülit omuz arasındaki klinik ve kinematik farklılıkları ele almışlardır. Tek taraflı AC'li 10 hastanın humerus fleksiyon/abduksiyon hareketleri ataletsel ve manyetik (IMU) sensörler ile incelenmiştir. Spesifik olarak, patolojik ve sağlıklı omuz arasındaki humerus EHA'sındaki farklılıkları değerlendirmek için ISEO protokolü kullanılmış ve ağrı hassasiyeti algometre aracılığıyla değerlendirilmiştir. Yapılan çalışma, ISEO protokolünün AC'de fizik tedavi etkinliğinin kantitatif değerlendirmesi için etkili bir yaklaşım olduğunu ortaya koymuştur. Fizik tedavinin hS'de EHA'yı iyileştirmezken, iki taraflı hastaların ağrı duyarlılığını önemli ölçüde iyileştirdiğini belirtmişlerdir. Yapılan bu çalışmada da görüldüğü gibi algometre cihazı fizik tedavi alanında kullanıma uygundur[10].

Sachin P. Angadi ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, lomber füzyon cerrahisi geçiren hastalarda preoperatif ağrı eşiğinin, postoperatif ağrı şiddeti ve analjezik gereksinimleri üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Hastaların preoperatif ağrı hassasiyeti dijital algometre yardımıyla basınç ağrı eşiği ölçümü ve nörotouch cihazı ile ısı ağrı eşiği ölçümü ile değerlendirilmiştir. Ayrıca tüm hastaların ağrı duyarlılığını belirlemek için ağrı duyarlılığı anketleri (PSQ) kullanılmıştır. Ameliyat öncesi psikososyal ve fonksiyonel değerlendirmeler yapılmıştır. Preoperatif vizüel analog skala (VAS) skoru, üç iğne batırma örneğinde (flebotomi, glükometre kan şekeri ve intradermal antibiyotik test dozu) ve lomber omurga bölgesinin hareket açıklığı sırasında belirlenmiştir. Bu hastaların hepsinde postoperatif VAS skoru ve postoperatif çığır açan analjezik gereksinimleri 0. günden 3. güne kadar kaydedilmiştir. Sonuç olarak ağrı duyarlılığının ameliyat öncesi değerlendirmesi, ameliyat sonrası analjezik gereksinimlerini tahmin

edebileceği ve iyileşmeye yardımcı olacağı kanısına varılmıştır. Ağrı eşiği daha düşük olan hastalara ameliyat öncesi danışmanlık verilmeli ve ayrıca perioperatif olarak daha iyi bir analjezik titrasyonu yapılması gerektiği vurgulanmıştır[11]. Algometre cihazının bu tarz uygulamalarda da kullanılabileceği görülmektedir.

Manuela Deodato ile arkadaşları pelvik ve bel ağrısının en yaygın nedenlerinden biri olan Primer dismenore ağrısının azaltılması için manuel terapi ve pelvik taban egzersizlerin etkisini incelemişlerdir. Yaptıkları çalışmadaki amaç, primer dismenoresi olan kadınlarda klinik sonuçları ve ağrı duyarlılığını iyileştirmek için manuel terapi (MT), pelvik taban egzersizleri (PFE) ve bunların kombinasyonunun (MT + PFE) etkinliğini değerlendirmek olmuştur. Çalışmada Prospektif gözlemsel bir çalışma yapılmıştır. Primer dismenore öyküsü olan 30 kadın (25.0 ± 6.1 yaş), haftada iki kez MT, PFE veya MT + PFE'nin 60 dakikalık 8 seansına katılmıştır. Fizyoterapi alanında sunulan farklı hizmetlere göre farklı tedavilere katılım sağlamışlardır. Subjektif ağrıyı değerlendirmek için 0-10 sayısal derecelendirme ölçeği (NRS), yaşam kalitesini değerlendirmek için kısa form 36 (SF-36) kullanılmıştır. Basınç ağrı eşiği (PPT) ölçümü için farklı pelvik ve lomber bölgelere algometre cihazı yardımıyla ölçüm yapılarak değerlendirilmiştir. Yapılan araştırmalar sonucu semptomları iyileştirmek için primer dismenoreli kadınlara fizyoterapi tedavileri önermenin önemini vurgulanmıştır. Aktif pelvik taban egzersizi ile birlikte manuel terapi, lomber ağrı eşiklerinin iyileştirilmesi de dahil olmak üzere en iyi sonuçları sağladığı belirtilmiştir[12].

Juliana Rezende Valladares ve arkadaşları Kinezyo bantlamanın (KT) ameliyat sonrası ön çapraz bağ rekonstrüksiyonunun akut fazına etkisini araştırmışlardır. Gönüllü hastalar, ameliyattan hemen önce ve hemen sonra, 7. ve 14. günlerinde değerlendirmelere tabi tutulmuştur. Araştırmada hastanede yedi gün kalan hastalara taburcu olurken KT bandajı uygulanıp 14. gün çıkarılmıştır. Algometre ile ağrı eşiği (KgF), perimetri ölçümleri ile değerlendirilen ödem (cm), alt ekstremitelerin hacmi ve kesik koni testi (ml) incelenen değişkenler olmuştur. Ödem azalması ve nosiseptif eşik artışı 7. ($p < 0.001$; $p = 0.003$) ve 14. ($p < 0.001$; $p = 0.006$) gününde gözlenmiştir. 7. ve 14. gün perimetri seviyeleri, preoperatif döneme benzer değerde olmuştur ($p = 0.229$; $p = 1.000$). IG nosiseptif eşik değeri 14. günde ameliyat öncesine benzerlik göstermiştir ($p=0.987$). Sonuç olarak KT tedavisi 7. ve 14.

günlerde ön çapraz bağ rekonstrüksiyonunda ödemi azalttığı ve nosiseptif eşiği yükselttiği vurgulanmıştır[13].

Ali Karaağaç ve arkadaşları spesifik olmayan kronik boyun ağrısı olan ve olmayan bireylerde ağrı, skapulotorasik kas kuvveti, dayanıklılık ve skapular diskinezi değerlendirme çalışması yapmışlardır. Nonspesifik Kronik Boyun Ağrısı (NSCNP) olan bireylerde ağrı, kas gücü, skapular kas enduransı ve skapular kinesisin değerlendirilmesi ve asemptomatik bireylerle karşılaştırılması amaçlanmıştır. Ayrıca skapula bölgesindeki mekanik değişikliklerin boyun ağrısına etkisi incelenmiştir. Kırıkkale Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Merkezi'ne başvuran ve NSCNP tanısı alan 40 kişi ile kontrol grubu olarak 40 asemptomatik birey çalışmaya alınmıştır. Ağrı Vizüel Analog Skala ile, ağrı eşiği ve ağrı toleransı algometre ölçüm cihazı ile, servikal derin fleksör grup kas kuvveti Stabilizer Pressure Biofeedback cihazı ile, boyun ve skapulotorasik kas kuvveti El Dinamometresi ile değerlendirilmiştir. Skapular diskinezi testi, Skapular Depresyon Testi ve Skapular kineziyi değerlendirmek için Lateral Skapular Kayma Testi kullanılmıştır. Yapılan testler sonucu NSCNP grubunun ağrı eşiği ve ağrı tolerans değerleri daha düşük olduğu görülmüştür ($p < 0.05$). NSCNP grubunun boyun çevresi ve skapulotorasik bölge kas kuvveti asemptomatik bireylere göre daha düşük olduğu gözlenmiştir ($p < 0.05$). NSCNP grubunda daha fazla skapular diskinezi görülmüştür ($p < 0.05$). NSCNP grubunun skapular kas dayanıklılığı değerleri daha düşük olduğu gözlenmiştir ($p < 0.05$). Sonuç olarak, NSCNP'li bireylerde asemptomatik bireylere göre ağrı eşiği ve ağrı toleransının azaldığı, boyun bölgesi ve skapular bölge kas gücünün azaldığı, skapular dayanıklılık değerlerinin azaldığı ve skapular diskinezi insidansı arttığı vurgulanmıştır. Çalışmaya göre boyun ağrısının değerlendirilmesinde skapular bölgeninde dahil edilmesinin farklı bir bakış açısı sağlayacağı görüşü vurgulanmıştır[14].

Çalışmalarda görüldüğü gibi algometre cihazı birçok farklı alanda ölçüm cihazı olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır. Bu çalışmada literatürdeki çalışmalardan farklı olarak ağrı ölçüm cihazının tasarlanması üzerine farklı yöntemler geliştirilmiş ve bu cihazlar birbirleri ile kıyaslanmıştır.

3. GENEL BİLGİLER

3.1 Ağrının Tanımı

Ağrı, genel olarak dokuda oluşan hasar veya yaralanma ile ilişkili olan karmaşık bir duyusal ve duygusal deneyimdir. Genellikle vücudun belirli bir bölümünde hissedilen ve şiddetli ile hafif şiddetli arasında değişebilen hoş olmayan bir histir. Ağrı evrensel bir durum olup yüzyıllardır insanoğlunun açıklamaya çalıştığı bir kavramdır. Günümüzde de tıp alanında önemli bir yer teşkil etmektedir. Ağrı kelimesinin ingilizce karşılığı olan pain, latince poena (işkence, ceza, intikam) sözcüğünden gelmektedir ve tanımı oldukça zordur [15]. Bu konuyla alakalı Uluslararası Ağrı Araştırmaları Teşkilatı (IASP) ağrıyı şöyle tanımlamıştır. Ağrı; var olan veya olası doku hasarına eşlik eden veya bu hasar ile tanımlanabilen, hoş gitmeyen duyusal ve emosyonel bir deneyimdir [16].

McCaffery ise ağrı hakkında “Hastanın söylediği durumdur. Eğer hasta ağrı olduğunu söylüyorsa ağrı vardır” demiştir [17].

Sternbach ağrının soyut bir kavram olduğunu belirterek, doku hasarı sonucu ortaya çıkan bir işaret, bir tehdit ve daha önce yaşanmış acıların oluşturduğu bir deneyim olarak tanımlamaktadır [18].

Webster’ e göre ağrı “mental veya fiziksel olarak iyi olmama durumu, lokal veya genel olarak ızdırap çekilmesi, rahatsız olunması, fizik yada mental yönden zedelenme ile oluşan, genellikle bireylerin bu durumdan kaçma, kurtulma istemesi sonucu verdiği tepkisel bir durumdur” şeklinde tanımlamıştır [19].

Tanımlardan da anlaşılacağı üzere ağrı, hoş gitmeyen bir belirtidir ve her zaman öznel bir durum oluşturmaktadır. İnsanın yaşam kalitesini ve beden davranışlarını olumsuz yönde etkileyebilir. Ağrı, altta yatan organik nedenle baş etmeye çalışan öznel bir güçtür. Literatürde ağrının bir semptomdan daha fazlası, başlı başına bir hastalık olduğu bildirilmektedir. (Araujo ve Romero, 2015). Amerikan ağrı derneği 1996 yılında ağrının beşinci yaşam bulgusu olduğunu ifade etmiştir. Tanıma göre ağrının insanın hayati göstergelerinden biri olarak kabul edilmesi gerektiğini ve yaşam bulguları dikkate alınırken ağrısında mutlaka değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir [20].

3.2 Ağrı Tarihçesi

Ağrı, insanlık tarihi kadar eski bir sorundur ve binlerce yıldır insanlar tarafından araştırılmıştır. İnsanoğlu, var oluşundan itibaren ağrı çekmektedir. Antik çağlarda, ağrıya birçok farklı tanımlama yapılmıştır. Örneğin, Yunan filozofları ağrıyı, sinirlerin acı çektiği bir durum olarak tanımlamışlardır. Roma dönemi insanları ise ağrıyı, dokuların zarar gördüğü bir durum olarak görmüşlerdir.

Prehistorik dönemde yaşayan insanlar ağrının oluşturduğu acıları dindirmek için bazı içgüdüsel davranışlarda bulunmuşlardır. Örneğin ağrıyan bölgelerini akarsu ya da göllerin soğuk sularına temas ettirmek veya güneşte ısıtılmış taş parçalarını ağrıyan yerlerin üzerine bastırmak suretiyle ağrıdan kurtulmaya çalışmışlardır[21].

İslam Tıbbında ise meşhur Fars bilim adamı İbn-i Sina ya da Avicenna [MS 980-1037] 5 ciltten oluşan ünlü Kanun isimli eserinin 1. cildinin 4. bölümünde ağrı fizyolojisine ve ağrıyı dindirme metodlarına dair bilgiler verilmiştir. İbn-i Sina, modern ağrı sınıflamasında olduğu gibi ağrıları; yanıcı, batıcı, ısıricı gibi çeşitli sınıflandırmalara ayırmıştır [21].

1960'lar da McGill Ağrı Anketi - McGill Üniversitesi'nden Melzack ve Torgerson tarafından geliştirilen McGill Ağrı Anketi, ağrıyı subjektif olarak değerlendirmek için bir ölçek sağlamıştır. Bu anket, ağrının çeşitli boyutlarını tanımlayan ve sınıflandıran sorular içermiştir.

1970'ler de ise elektronik ağrı ölçüm cihazları - Elektronik cihazlar, ağrıyı daha objektif bir şekilde ölçmek için kullanılmaya başlanmıştır. Basınç, ısı, elektriksel uyarım gibi farklı stimulusları kullanarak ağrıyı ölçen cihazlar geliştirilmiştir.

1980'ler de nörofizyolojik ölçümler - Elektroensefalogram (EEG) ve manyetik rezonans görüntüleme (MRI) gibi nörofizyolojik ölçümler, ağrıyı beyin aktivitesi temelinde objektif olarak değerlendirmek için kullanılmaya başlanmıştır. Bu teknolojilerin kullanımıyla, ağrıyla ilişkili beyin bölgelerinin tanımlanması ve ağrı sinyallerinin izlenmesi mümkün hale gelmiştir.

1990'lar da yüz ifadesi analizi, ağrıyı değerlendirmek için kullanılan bir başka yöntem olmuştur. Bilgisayar tabanlı görüntü analizi teknikleri, yüz ifadesindeki

değişiklikleri tanımlayarak ve ölçerek ağrı düzeyini tahmin etmeye yardımcı olmuştur. Bu, özellikle çocuklarda veya ifade etmekte zorluk çeken bireylerde ağrıyı değerlendirmek için kullanılmıştır.

2000'ler de gelişen teknoloji ile birlikte, taşınabilir ağrı ölçer cihazlar geliştirilmiştir. Bu cihazlar, hasta tarafından günlük hayatta kullanılabilen küçük ve kullanımı kolay cihazlar olmuştur. Örnek olarak bir parmak tırnağına takılabilen küçük sensörler veya cep telefonlarıyla uyumlu cihazlar verilebilir.

Günümüzde ise gelişmiş ölçüm teknikleri ağrı ölçer cihazlar ve yöntemler hala gelişmekte olan bir alan olarak kabul edilmektedir. Yapay zeka ve makine öğrenimi gibi teknolojiler, ağrıyı değerlendirmede ve tedavi planlamasında daha hassas ve etkili bir şekilde kullanılmaktadır. Ayrıca, nörolojik ve genetik araştırmalar, ağrının mekanizmalarını daha iyi anlamak ve ağrı ölçümünde kullanılabilecek yeni yöntemlerin geliştirilmesine katkıda bulunmaktadır. Bugün, ağrı tedavisi multidisipliner bir yaklaşım gerektirmektedir ve özelleştirilmiş tedaviler mevcuttur. Ağrı yönetimi için kullanılan ilaçlar, teknolojik gelişmeler ve modern tedavi yöntemleri sayesinde ağrı, kontrol altına alınabilmekte ve hastaların yaşam kalitesi artırılabilir.

3.3 Ağrının Öğeleri

Ağrının temel öğeleri; ağrının oluşumu, ağrının algılanması, acı çekme ve bu duruma bağlı davranışlar olarak tanımlanabilir[22].

Ağrı oluşumuna sebep olan birçok faktör olabilir. Ancak genellikle aşağıdaki öğelerin bir kombinasyonu tarafından ortaya çıkmaktadır:

- 1- Sinir hasarı veya sinir sıkışması
- 2- Kas spazmları veya çekilmeleri
- 3- İnflamasyon veya enfeksiyon
- 4- Dokuların hasar görmesi veya yaralanması
- 5- Tümörler veya kitleler
- 6- Günlük yaşam aktiviteleri veya iş yaralanmaları

Ağrının nedeni, vücudun hangi bölgesinde olduğuna bağlı olarak farklılık göstermektedir. Baş ağrısı, sırt ağrısı, kas ağrısı, eklem ağrısı, diş ağrısı, adet ağrısı ve daha birçok türde ağrı mevcuttur.

3.4 Ağrı Teorileri

Ağrıyı anlamak için günümüze kadar çeşitli teoriler öne sürülmüştür. Melzack ve Wall'un kapı kontrol teorisini bildirmelerinin ardından ağrı kavramında çok önemli bir devrim gerçekleşmiştir. Bu teori sonrası ağrı sürecinde merkezi sinir sistemi önem kazanmıştır [21].

Ağrı teorilerinden bazıları şunlardır:

3.4.1. Noktasal Teori: Bu teoriye göre ağrı belirli bir noktada oluşturmaktadır. Buradan beyne iletilen bir sinyal olduğu öne sürülmektedir.

3.4.2. Kapı Kontrol Teorisi: Bu teori, ağrı sinyallerinin omurilikte bir kapıdan geçtiğini ve bu kapının açılıp kapanarak ağrının hissedilip hissedilmeyeceğini belirlediği öne sürülmektedir.

3.4.3. Algısal Teori: Bu teoride, ağrının sadece sinirsel bir uyarı değil, aynı zamanda zihinsel bir süreç olduğu öne sürülmektedir. Yani ağrıyı hissetmek, beynimizin onu yorumlamasıyla ilgilidir.

3.4.4. Sinirsel Plastisite Teorisi: Bu teoride, sinir sistemimizin ağrıya verdiği yanıtın zamanla değişebileceğini ve bu değişimin ağrı hissini artırabileceği veya azaltabileceği öne sürülmektedir.

3.4.5. Hiperaktivasyon Teorisi: Bu teoride, ağrının sinir sistemindeki aşırı aktivasyonun sonucu olduğu ifade edilmektedir. Yani, sinir sistemi normalde ağrı sinyallerini yeterince filtreleyememekte veya modüle edememektedir.

Bu teorilerin her birinde, ağrı mekanizmalarını farklı bir şekilde açıklamaya çalışılmakta ve hepsinde birbirini tamamlayan bir bakış açısı sunulmaktadır.

3.5 Ağrı Hafızası

Ağrı hafızası, ağrının tekrar ortaya çıkması veya devam etmesi durumunda zamanla şiddetinin artması veya kötüye doğru gitmesi ile ilgilidir. Bu süreçte, ağrı insan beyninde bir "hafıza" olarak kodlanır ve daha sonra oluşacak ağrı hissi için bir temel oluşturur. Ağrının şikâyetleri ile ilgili olarak akut ve kronik ağrılar hususunda

yapılan araştırmalarda hastaların çektikleri ağrıların süresini değil, ağrının şiddetini hatırladıkları tespit edilmiştir [21].

Ağrı hafızası, bir kişinin yaşadığı ağrıların yoğunluğunu ve süresini etkileyebilmektedir. Örneğin, bir kişi bir kez ağrı hissettiğinde, bu ağrı beyinde bir izlenim bırakabilir ve sonraki benzer bir ağrı durumunda, bu izlenim ağrının daha yoğun hissedilmesine neden olmaktadır. Bu, kişinin ağrı eşiğinin düşük olmasına ve ağrıya daha duyarlı olmasına yol açmaktadır. Ağrı hafızası, ağrıyı algılama ve işleme süreçlerinde de rol oynamaktadır. Beyindeki ağrı duyuşal yolları, ağrı sinyallerini taşır ve ağrı duyusunu tetikleyen bölgelerdeki nöronlar, ağrının bellekte kaydedilmesinde görev almaktadır. Bu nöronlar, ağrıyı işlemek ve hafızaya kaydetmek için birbirleriyle etkileşime girmektedirler. Bu süreç, ağrıyı daha iyi anlamak ve gelecekteki ağrıları önlemek için beyinde bir öğrenme sürecine neden olmaktadır.

Ağrı hafızasının önemi, kronik ağrı sendromları gibi uzun süreli ağrı durumlarında daha belirgindir. Bu durumlarda, beyindeki nöronlar ağrıyı daha güçlü bir şekilde işlemeye ve bellekte daha kalıcı hale getirmeye başlamaktadır. Bu, kişinin ağrıya daha duyarlı hale gelmesine ve ağrının tedavisinin daha zor hale gelmesine yol açmaktadır.

Sonuç olarak, ağrı hafızası, ağrının yönetiminde önemli bir faktördür ve bazı durumlarda tedavi planlarında dikkate alınması gerekebilir. Ağrıyı azaltmak veya kontrol altına almak için, ağrıyı tetikleyen faktörlerin tanınması ve tedavi edilmesi önemlidir. Ayrıca, ağrı yönetiminde ilaçlar, fiziksel terapi, alternatif tedaviler ve psikolojik müdahaleler gibi farklı yaklaşımlar kullanılmaktadır.

3.6 Ağrının Uyarılma Aşamaları

Ağrı mekanizmaları, vücutta meydana gelen ağrıların algılanması ve ağrının iletilmesine yardımcı olan sistematik süreçler bütünüdür. Bu süreç, sinir sistemi, beyin ve vücutta bulunan diğer dokular arasında meydana gelen etkileşimleri içermektedir.

Ağrı mekanizmaları şu başlıkları içerir:

3.6.1. Transdüksiyon: Ağrıya sebep olan uyarıcıların algılanması ve ardından sinirsel sinyallere dönüştürülmesi olayına transdüksiyon denir. Sinir uçları, ağrıya sebep olan uyarıcıları algılayarak elektriksel sinyallere dönüştürmektedir.

3.6.2. İletim: Ağrıya sebep olan sinirsel sinyallerin, sinirler boyunca iletilmesine iletim denir. Bu sinyaller, omurilik ve beyne doğru hareket etmektedirler.

3.6.3. Modülasyon: Oluşan ağrı sinyali şiddetinin düzenlenerek azaltılmasına modülasyon denir. Bu süreç, vücudun ağrıyı algılamasını azaltmak için yollar bulmasını içermektedir.

3.6.4. Algılama: Beyin bölgesinde ağrı sinyallerinin işlenerek algılanmasına algılama denir. Beyin, ağrıyı oluşturan uyarıcıları işler ve ağrı hissini meydana getirmektedir.

Tüm bu mekanizmalar, vücutta oluşan ağrının algılanarak işlenmesinde önemli bir role sahiptir [21].

3.7 Ağrı Sınıflandırılması

Ağrı tipi, ağrının tanımlanabilmesi ve etkili biçimde ele alınmasında önemli rol oynamaktadır [23]. Ağrı, birçok farklı şekilde sınıflandırılabilir. En yaygın sınıflandırmalar şunlardır:

3.7.1 Süresine göre

Ağrı, akut veya kronik olarak sınıflandırılabilir. Akut ağrı, kısa bir süre içinde ortaya çıkar ve genellikle bir yaralanma veya hastalık nedeniyle meydana gelir. Vücuda zarar veren bir durum sonucu oluşumu başlar ve bu sorunun ortadan kalkması ile kaybolur [24][25]. Kronik ağrı ise, altta yatan bir hastalıktan veya yaralanmadan kaynaklanan uzun süreli bir ağrıdır [26]. Bu ağrı çeşidi süre olarak altı aydan daha fazla sürmektedir. Başlangıçtaki ağrıya neden olan uyarıcı ortadan kalkmıştır [27][28].

3.7.2 Kaynağına göre

Ağrı, kaynağına göre sınıflandırılabilir. Bu kapsamda, nöropatik ağrı, viseral ağrı, somatik ağrı ve psikojenik ağrı gibi çeşitli tipleri mevcuttur.

3.7.3 Şiddetine göre

Ağrı, hafif, orta veya şiddetli olarak sınıflandırılabilir. Ağrı şiddeti, kişiden kişiye ve algılama eşiği gibi faktörlere bağlı olarak değişebilir.

3.7.4 Yerine göre

Ağrı, vücudun farklı bölgelerinde ortaya çıkabilir. Bu nedenle, baş ağrısı, bel ağrısı, diş ağrısı, kas ağrısı, eklem ağrısı ve sinir ağrısı gibi çeşitli ağrı tipleri mevcuttur.

3.7.5 Etki şekline göre

Ağrı, kişinin fiziksel ve zihinsel durumuna farklı şekillerde etki edebilir. Ağrı sınıflandırmasında akut veya kronik depresyon, kaygı bozukluğu, uykusuzluk, yorgunluk, iştah kaybı ve kilo kaybı gibi etkenleride göz önünde bulundurmak gerekmektedir.

3.8 Ağrı Algisini Etkileyen Faktörler

Ağrı hissi algısını etkilediğini düşünülen çeşitli etkenler arasında; yaş, cinsiyet, kültür, ağrı ile ilgili önceden yaşanmış deneyimler, kişilik yapısı ve anksiyete seviyesi yer almaktadır[29].

3.8.1. Yaş: İnsanların farklı yaş dönemlerinde yaşadıkları ağrı deneyimlemelerine verdikleri tepkiler farklılık gösterebilmektedir. Yetişkinler, hissettikleri ağrının zayıflık göstergesi olduğu, kötü hasta olarak görünebileceklerini düşünürken, yaşlı insanlar ağrıyla ölümü ilişkilendirerek olumsuz düşünceleri yoğun şekilde yaşarlar ve ağrılarını söylemekte isteksiz davranmaktadırlar. Çocuklarda ise ağrı, huzursuzluk ve ağlama gibi tepki şeklinde görünmektedir. Cerrahi müdahaleler sonrası oluşan ağrının kişisel özelliklerle ilişkisini ortaya çıkarmak için yapılan bir araştırmada yaş arttıkça ağrı toleransının da artış gösterdiği, ağrı bildiriminin ise azaldığı tespit edilmiştir [29].

3.8.2. Cinsiyet: Bazı araştırmalar, kadınların erkeklere göre daha fazla ağrı hissetme eğiliminde olduğunu göstermektedir. Bu farklılığın nedeni, kadınların hormonal farklılıkları, anatomik farklılıkları, ağrıya farklı bir şekilde tepki vermeleri veya ağrıya daha duyarlı sinir sistemleri olması gibi birçok faktörden kaynaklanabilir. [29] [30].

3.8.3. Geçmiş Deneyimler: Geçmiş deneyimler, kişinin ağrı algısını şekillendirebilir ve gelecekteki ağrı algısını etkileyebilmektedir. Örneğin, bir kişinin daha önce bir ameliyat veya diş çekimi gibi ağrılı bir deneyim yaşaması, gelecekteki benzer ağrılı durumlarda daha duyarlı ve hassas hale gelmesine neden olabilmektedir. [31].

3.8.4. Kişilik yapısı: Ağrı algısı, kişinin kişilik yapısından da etkilenebilir. Bazı kişilik özellikleri, ağrı algısını artırabilirken, bazıları ise ağrı algısını azaltabilmektedir. Depresif belirtileri olan bireyler ağrıya daha duyarlı olmaktadır. Öte yandan, pozitif bir kişilik yapısına sahip olan kişiler, ağrıya daha az duyarlı oldukları görülmüştür [29].

3.8.5. Kültür: Ağrı hissi, kültür ve toplumun etkisi altında kalabilmektedir. Her kültür, ağrıya farklı bir yaklaşım sergiler ve ağrıya karşı farklı tepkiler göstermektedir. Ayrıca, bazı kültürlerde, ağrıya karşı farklı tedavi yöntemleri kullanmaktadır. Örneğin, bu kültürlerde bitkisel ilaçlar veya doğal tedavi yöntemleri daha yaygınken, diğer kültürlerde modern tıbbi tedavi yöntemleri tercih edilmektedir. Kültürel yapının daha çok etkili olduğu durum “ağrı tolerans” düzeyidir. Birçok kültürde genelde yüksek ağrı toleransının takdir edildiği görülmüştür [29].

3.8.6. Anksiyete Etkisi: Anksiyete, genellikle vücudun aşırı bir stres durumunda olduğunda ortaya çıkmaktadır. Bu stres durumu, ağrıya neden olabilecek fiziksel veya duygusal bir olaydan kaynaklanmaktadır. Anksiyete, ağrı algısını artırarak, kişinin ağrıya daha fazla odaklanmasına ve ağrının daha şiddetli algılanmasına neden olmaktadır [32].

3.9 Ağrının Değerlendirilmesi

Ağrı değerlendirmesinde elde edilecek olan bilgiler direk ağrıyı çeken hastalardan alınmalıdır. Doğru alınmış bilgi, etkili bir tedavinin başlangıcı açısından son derece önemlidir. Bu yüzden ağrı değerlendirmesi yapılırken dikkat edilmesi gereken hususlar bulunmaktadır [33] [34]. Hastanın sayılar veya kelimelerle bildirdiği ağrı şiddeti ve niteliği, ölçeklerle mümkün olduğunca objektif hale dönüştürmekte, hasta, hemşire ve hekimler arasındaki farklı ağrı değerlendirmeleri ortadan kaldırmaktadır [35].

3.9.1 Ağrı Değerlendirilmesinde Dikkat Edilmesi Gereken Durumlar

- Ölçüm amacı belirlenmelidir.
- Hastanın ağrıya karşı gösterdiği davranışsal tepkilere ön yargı ile bakılmaması gerekmektedir.
- Farklı değerlendirme metodları kullanılmalıdır.
- Hastaya ağrı ve yapılan değerlendirmeye ilişkin güvenilir bilgiler verilmelidir.
- Ağrı değerlendirmede ekip çalışması, herkesçe kabul edilen ve farklı yorumlara neden olmayan ağrı ölçekleri kullanılmalıdır [36] [37].

Ağrı değerlendirmesinde en güvenilir bildirimin hastanın kendi ifadesi olmasına rağmen, ağrılarını anlatmada güçlük çeken ya da tanımlayamayan hastaların da olabileceği göz ardı edilmemelidir [38]. Ağrısını bildirmede güçlük çeken bireyler şu şekilde sıralanabilir:

- Yeni doğmuş bebekler,
- Ciddi psikolojik rahatsızlığı olanlar,
- Endotrakeal tüpü olan hastalar,
- 85 üzeri yaşta olanlar,
- Sağlık ekibiyle aynı dili kullanmayanlar,
- Kültürel yapıları ve eğitim düzeyleri sağlık bakım ekibiyle farklı olan hastalardır[19].

Ağrısını ifade etmekte güçlük çeken ya da değişik düşünce ve inançları nedeniyle ağrısını ifade etmek istemeyen hastaların “ağrıları yoktur” şeklinde değerlendirilmeleri ağrının olası olumsuz etkilerinin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu nedenle gerçekten ağrısını bildiremeyecek olan hastalar ile bildirmek istemeyenler iyi ayırt edilmeli; olası ağrı nedenleri ve hastanın durumu göz önünde bulundurularak değerlendirme yapılmalıdır [19].

3.10 Ağrının Değerlendirilmesinde Ölçek Kullanımı

Ağrı değerlendirme işlemlerinde ölçek kullanımı, hastaların kelimeler veya sayılarla ifade ettiği, ağrının şiddeti ve niteliğini yoruma gerek duymadan objektif bir hale dönüştürmeyi, hastanın kendisinin ve ona bakım sağlayan hemşire - hekim arasında daha güvenilir bir iletişim olmasını amaçlamaktadır [40].

Değerlendirme işlemlerinde kullanılacak yöntemler belirlenirken şu hususlara dikkat edilmelidir:

- Hastanın kolay bir şekilde anlayacağı şekilde ve yapıda olmalıdır,
- Kurum standardına uygun şekilde olmalıdır.
- Ölçümde kullanılması planlanan yöntem, hemşire ve hastaya minimal yük getirmelidir,
- Puanlama yapılabilmelidir,
- Geçerlik ve güvenirlik özelliği yüksek olmalıdır.

Günümüzde ağrı şiddeti ölçümünde farklı çeşitlerde tek ve çok boyutlu ölçekler kullanılmaktadır [40].

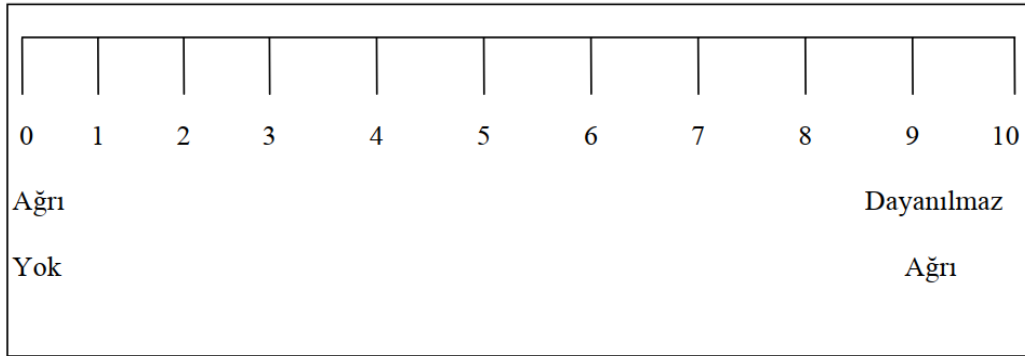
3.10.1 Tek Boyutlu Ölçekler:

Tek boyutlu ölçekler, sadece bir boyutu olan ölçeklerdir ve ağrı şiddetini ölçmek için sıklıkla kullanılmaktadır. Bu ölçekler, ağrı şiddetinin objektif olmayan bir şekilde ölçülmesine yardımcı olmakta ve hastaların ağrı şiddeti hakkında sağlık çalışanlarına ve araştırmacılara bilgi vermektedir.

Daha çok ameliyat işlemleri sonrası (1.-3.gün) ağrı şiddetinin değerlendirilmesinde tercih edilmektedir [41].

3.10.1.1 Sayısal değerlendirme ölçeği:

Bu ölçek, hastalara ağrı şiddetini 0 ile 10 arasında bir sayı kullanarak değerlendirmelerini isteyerek uygulanmaktadır. 0 ağrısız durumu ifade ederken, 10 ise en şiddetli ağrıyı ifade etmektedir.



Şekil 3.1 Sayısal Değerlendirme Ölçeği [21]

3.10.1.2 Yüzdelik ölçek:

Bu ölçek, hastalara ağrılarını %0'dan %100'e kadar bir aralıkta değerlendirmeleri istenerek uygulanmaktadır. %0, ağrısız bir durumu ifade ederken, %100 ise en şiddetli ağrıyı ifade etmektedir.

3.10.1.3 Yüz ifadesi ölçeği:

Bu ölçekte hastanın gösterdiği yüz şekli ifadesine göre hastaya puan tanımlanmaktadır. “0” puan ağrı olmadığını, “10” puan ise hissedilen ağrının dayanılmaz düzeyde olduğunu ifade etmektedir [42].



Şekil 3.2 Yüz İfadesi Ölçeği [25]

3.10.1.4 Kelime descriptif ölçeği:

Bu ölçek, hastalara ağrılarını tarif edebilecekleri birkaç kelime verilerek uygulanmaktadır. Örnek kelimeler arasında "hafif", "orta", "şiddetli" ve "dayanılmaz" bulunmaktadır. Bu ölçek, hastaların ağrılarını nispeten daha subjektif bir şekilde ifade etmelerine olanak sağlamaktadır.

Hafif	Rahatsız Edici	Şiddetli	Çok Şiddetli	Dayanılmaz

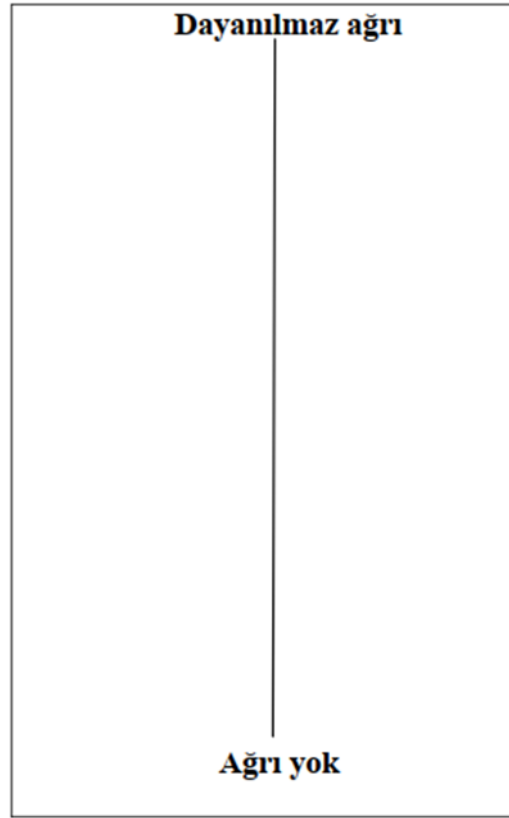
Şekil 3.3 Kelime Descriptif Ölçeği [23]

3.10.1.5 Görsel Kıyaslama Ölçeği:

Görsel kıyaslama ölçeği, ağrının şiddetini ölçmek için yaygın olarak kullanılan bir ölçektir. Bu ölçekte, hastalar ağrılarını belirli bir resim ya da sembol aracılığıyla tanımlamaktadır.

Görsel kıyaslama ölçeği genellikle 0 ila 10 arasında bir sayısal ölçekle gösterilmektedir. Hastalara öncelikle görsel kıyaslama ölçeği göstermekte ve her sembol veya resim için bir sayı atanması yapılmaktadır. Daha sonra, hastalara ağrılarını tanımlamaları istenmekte ve ağrıların sembol veya resimlerle eşleştirilmesi için sayısal bir ölçek kullanılmaktadır.

Görsel kıyaslama ölçeği, ağrının şiddetini hızlı ve kolay bir şekilde ölçmek için kullanılmakta ve ağrıyı tanımlamak için kullanılan diğer ölçeklere kıyasla daha az subjektif olmaktadır. Bununla birlikte, her sembol veya resim için farklı bir ağrı şiddeti değerinin atanması, ölçekler arasında farklılık göstermesine neden olabilmektedir. Bu da sonuçların karşılaştırılma işleminin zorlaşmasına neden olmaktadır.



Şekil 3.4 Görsel Kıyaslama Ölçeği [GKÖ] [26]

3.10.1.6 Burford Ağrı Termometresi:

Burford Ağrı Termometresi, ağrı şiddetinin objektif bir şekilde ölçülmesine yardımcı olan bir ağrı ölçüm aracıdır. Bu termometre, ağrıyı ölçmek için birçok farklı faktörü birleştirmekte ve sonuç olarak ağrı şiddetini sayısal bir skala üzerinde gösterimine imkan vermektedir.

Burford Ağrı Termometresi, aşağıdaki faktörleri dikkate alır:

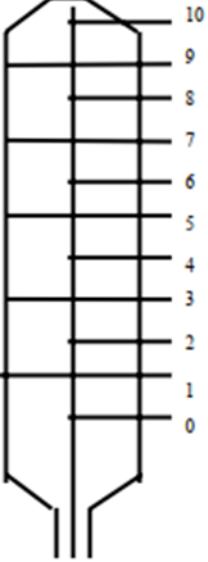
- **Ağrı şiddeti:** Ağrının şiddeti, 0 ile 10 arasında bir sayı kullanılarak değerlendirilir. 0, hiç ağrı olmadığı anlamına gelirken, 10 en şiddetli ağrıyı ifade etmektedir.
- **Ağrının süresi:** Ağrının ne kadar süredir devam ettiği dikkate alınmaktadır.
- **Ağrının türü:** Ağrının ne tür bir ağrı olduğu (keskin, yanma, batma vb.) belirlenmektedir.
- **Ağrının yaygınlığı:** Ağrının vücudun hangi bölgelerinde hissedildiği de dikkate alınmaktadır.

Burford Ağrı Termometresi, bu faktörlerin birleştirilmesiyle birlikte, ağrı şiddetini 0 ile 10 arasında bir skala kullanarak göstermektedir. Bu skala, ağrı şiddetinin objektif bir şekilde ölçülmesine yardımcı olmakta ve sağlık çalışanlarına ve araştırmacılara ağrı hakkında detaylı bilgi sağlamaktadır. Ayrıca ağrı şiddeti ve tedavi etkinliğine ilişkin hemşire ve hasta yorumlarının diğer ölçeklere göre daha avantajlı olduğu görülmüştür [43].

Burford Ağrı Termometresi

İsim:

Kullanım: Ağrınızı en iyi tanımlayan rakamın karşısına "x" işareti koyunuz.



10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0

Tarih					
Saat					
10					
9					
8					
7					
6					
5					
4					
3					
2					
1					
0					
Analjezik: zamanı, ismi, dozu, verilmiş yolu					
Ağrının yeri					
Hemşirenin yorumu					
Hastanın yorumu *					

* Yürüme, uyku, banyo, yeme ve içme gibi aktivitelerle ağrı ilişkisini içerebilir.

Şekil 3.5 Burford Ağrı Termometresi (Waterhouse 1996)

3.10.2 Çok Boyutlu Ölçekler:

Çok boyutlu ağrı ölçekleri, ağrının farklı boyutlarını ölçmek için kullanılan çeşitli ölçeklerdir. Bazı araştırmacılar, tek boyutlu ölçeklerin eksikliğini telafi etmek için ağrının farklı yönlerini ortaya çıkaran çok boyutlu ölçekler geliştirmiştir. Çok boyutlu ölçekler ağrının tüm yönlerini ele alsa da, ağrı değerlendirmesi tek boyutlu ölçeklerden daha uzun sürmektedir. Ayrıca birçoğunun anlaşılmasının zor olması, özellikle akut ağrı bağlamında ağrı yoğunluğunu ölçmek veya tedavinin etkinliğini değerlendirmek için bu ölçeklerin kullanımını sınırlandırmaktadır[34].

3.10.2.1 Mc Gill Melzack ağrı soru formu:

Dört bölümden oluşmaktadır. Formun girişinde hastanın adı, soyadı, yaşı, tıbbi tanısı, sorunu, ağrı kesici ilaç kullanılıyorsa türü ve dozu ile hastanın ağrı algısını ve zaman içindeki ağrı yerini, özelliklerini, ilişkisini ve şiddetini belirlemeye yönelik tanıtıcı bilgiler yer almaktadır [Şekil 3.6].

3.10.2.2 Ağrı algısı ölçeği:

Bu ölçek, ağrının yoğunluğu, süresi ve boyutu gibi ağrının diğer boyutlarını değil, yalnızca kişinin ağrıya verdiği tepkiyi ölçmektedir.

3.10.2.3 Ağrı algısı ve değerlendirme ölçeği:

Ağrının şiddeti, süresi, yeri, kalitesi ve etkisi gibi çeşitli boyutlarını ölçmek için kullanılmaktadır. Ağrıya bağlı fonksiyon kaybı gibi diğer faktörleri de değerlendirebilmektedir.

3.10.2.4 Oswestry özürlülük indeksi:

Bu ölçek, sırt ağrısı olan kişilerin işleyişini ölçmek için kullanılmaktadır. Ağrı şiddetinin ve diğer faktörlerin kişinin günlük aktivitelerini ne kadar etkilediğini değerlendirmektedir.

Bu ölçeklerin her biri, ağrı deneyimini farklı boyutlarına göre ölçümlemek için tasarlanmıştır. Hangi ölçeğin kullanılacağı, ölçülmek istenen boyutlara ve ağrı tipine bağlı olmaktadır.

**MCGILL-MELZACK
AĞRI SORU FORMU**

Hastanın Adı:.....
Yaşı:.....
Dosya No:.....Tarihi:.....
Klinik Sorun :
Tanı :
Analjezik (Şayet verilmişse)
1.Tipi:.....
2.Dozu:.....

Hastanın algılama ölçütü: En iyi tahmini belirtilen sayıyı daire içersine alın.

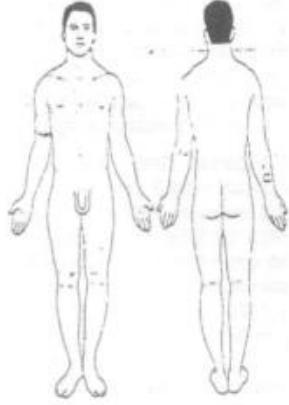
1 (düşük) 2 3 4 5 (yüksek)

Bu ölçek; ağrınıza ilişkin bize daha fazla bilgi vermek üzere hazırlanmış olup dört bölümden oluşmuştur. (1) Ağrınızın yeri (2) Özelliği (3) Zamanla ilişkisi (4) şiddeti

Şu anda bizzat ağrınızı nasıl hissettiğiniz çok önemlidir. Lütfen her bölümün başında bulunan açıklamaları izleyiniz.

I. BÖLÜM AĞRINIZ NEREDE?

Lütfen aşağıdaki şekli üzerinde ağrınızı nerede / nerelerde hissettiğinizi işaretleyiniz. Eğer ağrınız derinde ise **D** harfi, yüzeide ise **Y** harfini işaretlediğiniz yerin yan tarafına yazınız. Şayet hem derinde hem de yüzeide ise **DY** harflerini yazınız.



II. BÖLÜM: AĞRINIZIN ÖZELLİĞİ

Aşağıdaki kelimelerin bazıları şu andaki ağrınızı tanımlamaktadır. Sadece ağrınızı en iyi tanımlayan kelimeleri daire içine alınız Uygun gelmeyenleri boş bırakınız. Her grupta uygun olan sadece bir kelime işaretleyiniz

1	6	11	17
Pır pır eden	Çekiştirici	Yorucu	Yayılan
Titreyen	Sürükleyici	Tüketici	Dağılan
Çarpan	Burkultucu	12	İçe işleyen
Zonklayan	7	Tiksindirici	Delen
Vuran	Sıcaklık veren	Boğucu	18
Döven	Yakıyor gibi	13	Sıkıntı verici
2	Haşlanıyor gibi	Korku veren	Uyuşuklaştıran
Sıcırayan	Dağlayıcı	Korkunç	Hissizleştirilen
Yansıyan	8	Dehşetli	Sürükleyici
Fırlayan	Sızıyor gibi	14	Sıkıştıcı
3	Kasintılı	Cezalandırıcı	Yırtıcı
Diken diken	Acııcı	Bitap düşürücü	19
Oyuluyor gibi	İğne batar gibi	Dayanılmaz	Ürperten
Deliyorlar gibi	9	Şiddetli	Üğüten
Şiş saplanır gibi	Künt	Öldürücü	Donduran
Şimşek çakar gibi	4	15	20
4	Yaralayıcı	Biçare eden	Sürekli
Çok keskin	Sızlayan	Kör eden	Rahatsız eden
Kesiliyor gibi	Yoğun	16	Bulanık veren
Yırtılır gibi	10	Usandıran	İstirap veren
5	Hassas	Sıkıntılı	Berbat
Kemirici sancı	Gergin	Perişan eden	İşkence eder
Kasılır tarzda	Törpüleyen	Yoğun	tarzda
Eziliyor gibi	Keskin	Dayanılmaz	

III. BÖLÜM: ZAMANLA AĞRINIZIN İLİŞKİSİ

1. Ağrınızı tanımlamak için hangi kelimeyi/kelimeleri kullanırsınız?

1	2	3
Devamlı	Ritmik	Genel
Kararlı	Periyodik	Anlık
Sabit	Aralıklı	Geçici

2. Neler ağrınızı rahatlatıyor?

3. Neler ağrınızı artırıyor?

IV. BÖLÜM: AĞRINIZIN ŞİDDETİ

V. İnsanlar artan yoğunluğa göre ağrılarını belirten beş

kelimede birleşirler. Bunlar

1	2	3	4	5
Hafif	Rahatsız edici	Şiddetli	Çok şiddetli	Dayanılmaz

Aşağıdaki her soruyu yanıtlamak için sorunun yanındaki boşluğa, size en uygun rakamı yazınız.

1. Şu andaki ağrınızı hangi kelime tanımlar?
2. Ağrınızın en kötü halini hangi kelime tanımlar?
3. Ağrınız en az olduğunda hangi kelime tanımlar?
4. Şu ana kadar geçirdiğiniz en kötü dış ağrısını hangi kelime tanımlar?
5. Şu ana kadar geçirdiğiniz en kötü baş ağrısını hangi kelime tanımlar?
6. Şu ana kadar geçirdiğiniz en kötü karın ağrısını hangi kelime tanımlar?

Şekil 3.6 Mc Gill-Melzack Ağrı Soru Formu (Melzack ve Katz 1992)

3.11 Ağrı Tedavi Yöntemleri

Ağrı, çeşitli nedenlerden kaynaklanabilir ve tedavisi de nedenine bağlı olarak değişebilmektedir. Tedavi edilmeyen ağrı, hastaların yaşamsal vücut sistemlerinde bir takım bozulmalara ve hastada psikolojik sorunların ortaya çıkmasına neden olmaktadır[44][24]. Ağrı giderme yöntemleri ağrının nedenine göre değişiklik göstermekle birlikte bazen birden fazla yöntem aynı anda kullanılabilir. Ağrıyı hafifletmek için kullanılan yaygın yöntemlerden bazıları şunlardır:

3.11.1 İlaçlar:

Ağrı kesici ilaçlar en sık kullanılan ağrı kesici yöntemdir. Ağrıyı gidermek için nonsteroidal antiinflatuar ilaçlar (NSAID'ler), asetaminofen ve opioidler gibi farklı ilaç türleri kullanılmaktadır. Ancak ilaçların yan etkileri olabilir ve bazı durumlarda yanlış kullanıldıklarında tehlikeli olabilmektedir.

3.11.2 Fizik tedavi:

Ağrıyı azaltmak için fizik tedavi alanında farklı yöntemler kullanılmaktadır. Ağrı, masaj, akupunktur, kayropraktik, sıcak veya soğuk kompresler ve egzersizle giderilebilir. Ancak fizik tedavi yöntemlerinin de yan etkileri olabilir ve bunları doğru şekilde uygulamak önemlidir.

3.11.3 Cerrahi müdahale:

Bazen ağrıya neden olan durumlarda cerrahi müdahale gerekebilir. Ancak cerrahi müdahale birçok risk taşır ve önemli olan doğru uygulanabilmesidir.

3.11.4 Bitkisel tedavi:

Bazı şifalı bitkiler ağrı kesici olarak kullanılmaktadır. Örneğin zencefil, zerdeçal, kekik gibi şifalı bitkiler ağrı kesici özelliklere sahiptir. Ancak bitkisel tedavilerin de yan etkileri olabilir ve doktora danışmadan kullanılmamalıdır.

3.11.5 Davranışsal terapi:

Davranışçı terapi, stres, kaygı ve depresyon gibi ağrıya neden olan duygusal faktörlerle mücadele etmek için kullanılmaktadır. Bu tedavi yönteminde bilişsel davranışçı terapi, gevşeme teknikleri ve meditasyon gibi çeşitli yöntemler kullanılmaktadır.

3.12 Fizik Tedavi Ve Yöntemleri

Fizik tedavi, insanların fiziksel yaralanmalardan, hastalıklardan veya hastalıklardan kurtulmalarına yardımcı olmak için egzersiz, manuel terapi ve diğer teknikleri kullanan bir sağlık hizmeti uzmanlığıdır. Ağrıyı azaltmayı, hareketliliği artırmayı ve genel fiziksel işlevi iyileştirmeyi amaçlamaktadır. Fizyoterapistler [aynı zamanda fizyoterapist olarak da bilinirler], sporcular, kronik ağrısı olan kişiler ve ameliyat veya kaza sonrası iyileşen kişiler dahil olmak üzere her yaşta ve geçmişten hastalarla çalışmaktadırlar. Hastanın fiziksel yeteneklerini değerlendirirler ve terapötik egzersizler, esneme, masaj veya diğer prosedürleri içerebilen kişiselleştirilmiş bir tedavi planı oluştururlar. Fizik tedavi, ağrıyı hafifletmek ve kasları güçlendirmek için ultrason veya elektrik stimülasyon cihazları gibi özel ekipmanların kullanımını da içerebilmektedir. Fizik tedavinin nihai amacı, hastaların bağımsızlıklarını yeniden kazanmalarına ve yaşam kalitelerini iyileştirmelerine yardımcı olmaktır.

3.13 Fizik Tedavide Kullanılan Cihazlar

Fizik tedavide kullanılan çeşitli cihazlar vardır ve bunlardan bazıları şunlardır:

3.13.1 Ultrason cihazı:

Vücutta ağrıya neden olan bölgeye yüksek frekanslı ses dalgaları göndererek ağrıyı azaltmaya yardımcı olunmaktadır.

3.13.2 Elektromiyografi (EMG) cihazı:

Kas aktivitesini ölçmek için kullanılmaktadır. Bu cihaz, sinir hasarı veya kas bozukluğu gibi durumların teşhisinde ve tedavisinde kullanılmaktadır.

3.13.3 TENS (Transkutanöz Elektriksel Sinir Stimülasyonu) cihazı:

Bu yöntemde cilde yerleştirilen elektrotlardan uygulanan küçük elektrik akımlarıyla sinirler uyarılarak ağrı hafifletilmektedir.

3.13.4 Manyetik rezonans (MR) cihazı:

Vücutun içindeki yapıları görüntülemek için manyetik alanlar ve radyo dalgaları kullanılmaktadır.

3.13.5 Isıtıcı cihazlar:

Masaj cihazları, sıcak kompresler, sıcak havlu tedavileri gibi farklı cihazlarla ısıtma işlemi yapılmaktadır.

3.13.6 Lazer terapi cihazları:

Lazer ışınları kullanılarak enfeksiyon ve yaralar iyileştirilmekte, dolayısıyla dokulardaki ağrılar azaltılmaktadır.

3.13.7 Egzersiz cihazları:

Egzersiz bisikleti, koşu bandı, parmak, kol ve bacak egzersiz cihazları gibi cihazlar, fizik tedavi sırasında kas gücünü ve esnekliği artırmak için kullanılmaktadır.

3.13.8 Pulsed Electromagnetic Field Therapy (PEMF) cihazları:

Manyetik alanlar kullanarak hücrelerin iyileşme sürecini hızlandırmaya ve ağrıyı azaltmaya yardımcı olunmaktadır.

Bu cihazlar, fizik tedavi uygulamasında kullanılan çeşitli cihazlardan sadece birkaçıdır. Cihazlar hastalığın ve tedavinin türüne göre değişebilmektedir.

3.14 Algometre Cihazı

Basınç algometresi [dolorimetre] ağrının hassasiyetini belirleyip basınç algısını bulmak için tasarlanmış bir cihazdır. Fischer tarafından geliştirilen basınç ölçe, 10 kg'a (kg/cm²) kadar ölçüm yapabilmektedir. Ucunda 1 cm kare lastik olan metal bir çubuk bulunmaktadır. Bu lastik uç, uygulanan kuvvetin derin dokuya iletilmesini sağlamaktadır. Göstergenin değeri, derin ve yüzey tetik noktalarının ölçülmesini sağlamaktadır[45][46]. Tetik noktalar, visceral ağrı-basınç duyarlılığı değerlendirme işlemlerinde yararlı olduğu kanıtlanmıştır [47].

Tetik noktalarını doğru bir şekilde değerlendirmek için kasların gevşetilmesi gerekmektedir. Algometrenin ucu 90° açıyla ağrı bölgesindeki hassas noktaya dokundurulur ve hasta sözlü olarak rahatsızlığını ifade edinceye kadar basıncı artırılmaktadır. Bu işlem belirlenen değerlerin ortalaması alınarak birkaç kez tekrarlanabilir. Ölçüm aralıkları ortalama 30-60 saniye olarak tutulabilir.



Fotoğraf 3.1: Analog tip algometre ve kullanımı

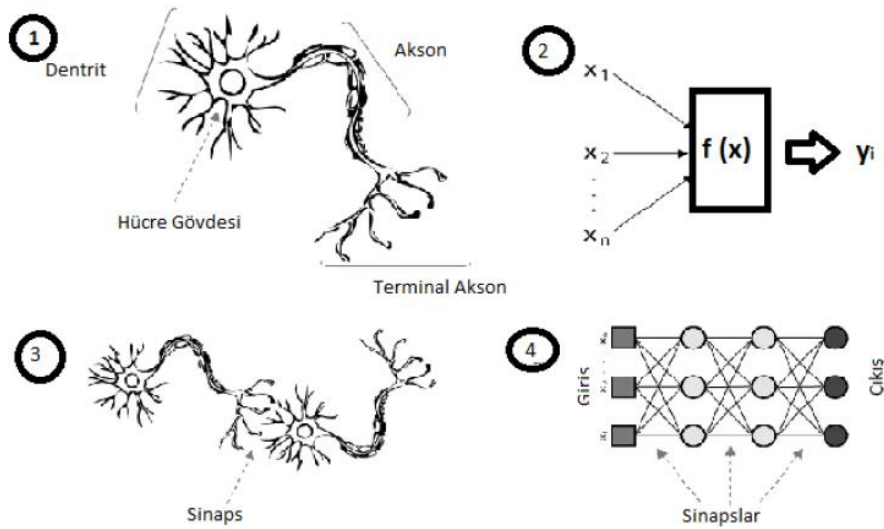
Tedavi bitiminde ölçüm tekrarlanmaktadır. Etkili bir tedaviden sonra basınç ağrı eşik değerinin artması beklenmektedir.



Fotoğraf 3.2: Dijital tip algometre cihazı

3.15 Yapay Sinir Ağları (YSA)

Gelişen teknoloji insan hayatında bilgisayarları ve bilgisayar sistemlerini vazgeçilmez hale getirmiştir. Cep telefonlarından mutfakta kullanılan eşyalara kadar birçok alet artık bilgisayar tabanlı sistemler ile çalışmaktadır. Önceden sadece veri transferi yapmak için tasarlanan bilgisayarlar zamanla büyük miktarlardaki verileri filtreden geçirerek özetleyen ve mevcut bilgileri kullanarak işlemler hakkında yorum yapabilme özelliği kazandırıldığı görülmektedir. Gün geçtikçe bu alana olan ilgi artmış, yapılan çalışmalar hız kazanmıştır. Özellikle insansı robotik sistemlerle birlikte yapay sinir ağları ve yapay zekâ araştırmalarında çoğalmıştır. YSA temel yapısı biyolojik sinir ağ yapısına benzetilerek bulunmuştur. Genel anlamda YSA, beynin bir işlevi yaparken izlediği yöntemi modellemek için hazırlanmış benzer bir yapı olarak düşünülebilir. YSA, yapay sinir hücrelerin birbirleriyle çeşitli yapılarla bağlanmasından oluşmaktadır. Bu yapılar genelde katmanlar halinde olmaktadır. Donanım olarak ise elektronik devrelerin ya da bilgisayar yazılım sistemi olarak gerçekleştirilmektedir. YSA, bir öğrenme sürecinin ardından bilgiyi saklayabilen ve genelleme yeteneğine ulaşmış bir işlemci olarak tanımlanabilir[48].



Şekil 3.7 Biyolojik sinir hücresi ve yapay sinir ağı [Maltarollo,2013]

Biyolojik sinir sistemi karşılığı olarak düşünülen yapay sinir ağları karşılıkları ise şu şekilde listelenebilir;

Biyolojik Sinir Sistemi	Yapay Sinir Sistemi
Aksonlar	Yapay Nöron Çıkışı
Sinapslar	Ağırlıklar
Hücre Gövdesi	Transfer Fonksiyonu birimi
Dentrit	Toplama Fonksiyonu birimi
Nöron	İşlemci birimi

Tablo 3.1 Biyolojik sinir sisteminin yapay sinir sistemi karşılıkları

3.15.1 Yapay Sinir Ağları Özellikleri

Yapay sinir ağları şu özelliklere sahiptir:

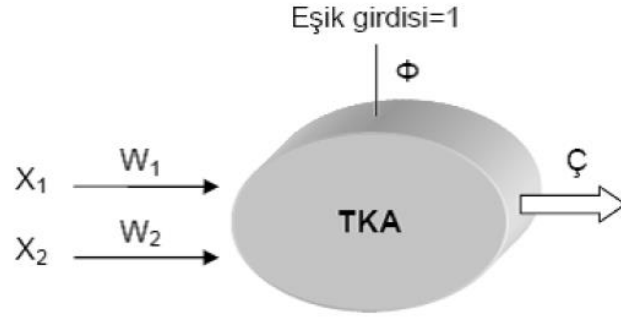
- Öğrenebilme,
- Genelleme yapma,
- Paralel Çalışma,
- Esneklik,
- Doğrusal Olmama,
- Eksik Verilerle Çalışma,
- Hata Toleransına sahip olma ,
- Çok Sayıda Değişken ve Parametre Kullanabilme,
- Uyarlanabilirlik

3.15.2 Yapay Sinir Ağları Modelleri

YSA modelleri tek katmanlı - çok katmanlı algılayıcılar, ileri beslemeli - geri beslemeli yapay sinir ağları olarak dört grupta incelenmektedir.

3.15.3 Tek Katmanlı Algılayıcılar

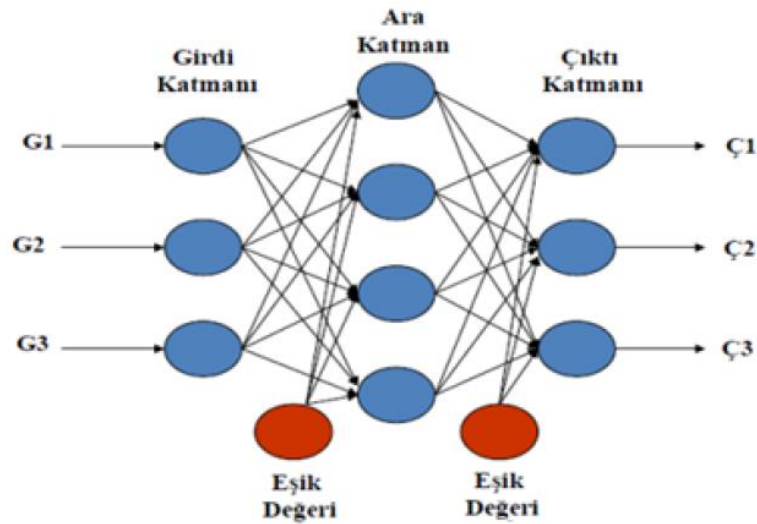
Bu algılayıcılar da sadece girdi ve çıktı bulunmaktadır. Bu yöntemde çıktı fonksiyonu doğrusaldır. 1 veya -1 değerlerini almaktadır[49].



Şekil 3.8 Tek katmanlı algılayıcı

3.15.4 Çok katmanlı Algılayıcı

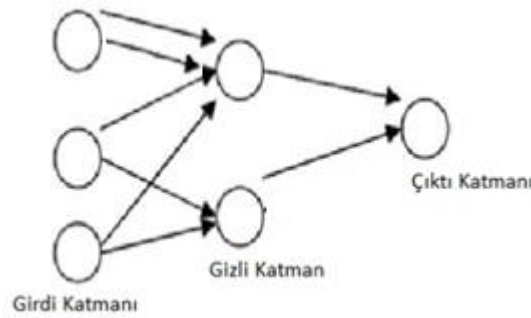
Çok katmanlı algılayıcılar, birden fazla yapay sinir ağı katmanından oluşan bir mimariye sahiptir. Çok katmanlı algılayıcılar, en az üç katmandan oluşmaktadır. Bu katmalar girdi katmanı, ara katmanlar ve çıktı katmanıdır. Giriş katmanı, verilerin sisteme girdiği ve işlendiği yerdir. Ara katmanlar, veriyi daha karmaşık özelliklere dönüştüren ve desenleri yakalayan katmanlardır. Çıkış katmanı ise sonuçları üreten katmandır. Her katmanda, nöronlar girdi sinyallerini alarak, ağırlıkları ve eşik değerlerini kullanır. Daha sonra bu sinyalleri işler ve sonuç olarak bir çıktı üretir. Bu çıktılar, bir sonraki katmana iletilerek işlemler gerçekleştirilir [49].



Şekil 3.9 Çok katmanlı algılayıcı modeli [Kabalıcı, 2014]

3.15.5 İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağları

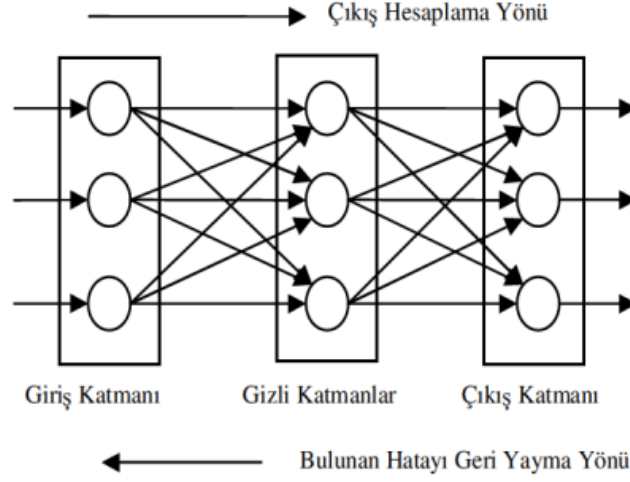
İleri beslemeli yapay sinir ağı (feedforward neural network), bilgiyi bir girişten çıkışa doğru ileten ve geri dönüş bağlantıları bulunmayan sinir ağlarıdır. Bu tür ağlarda veri, girdi katmanından başlar ve gizli katmanlar üzerinden çıkış katmanına doğru beslenir. Bu tür sinir ağları, bir veri setini alır ve bu veriyi ilgili katmanlar arasında ileterek bir sonuç üretmektedir. Girdi katmanı, verinin ağı içine girdiği yerdir. Bu katmanda, her bir giriş özelliği bir nörona bağlanır ve giriş sinyalleri diğer katmanlara doğru iletilir.



Şekil 3.10 İleri beslemeli ağ yapısı

3.15.6 Geri Beslemeli Yapay Sinir Ağları

İleri beslemeli ağlardan farklı olarak bu yapıda bir nöronun çıktısı yalnızca kendisinden sonra gelen nöron katmanına girdi olarak girmez. Kendisinden önce bulunan katmanda ya da kendi katmanında bulunan rastgele bir nörona girdi olarak bağlanabilir. GBYSA'lar, geçmiş durum bilgisine dayalı kararlar alabilme yeteneği sağlamaktadır. Bu tip ağlar, zamana bağımlı verileri işleme, zamansal modelleme, hafızayı ve geçmiş durumu göz önünde bulundurma gibi işlevlerde kullanılabilir. Bundan dolayı özellikle zamana bağlı veya zaman serisi verilerinin analizlerinin yapılması için uygun olmaktadır[50].



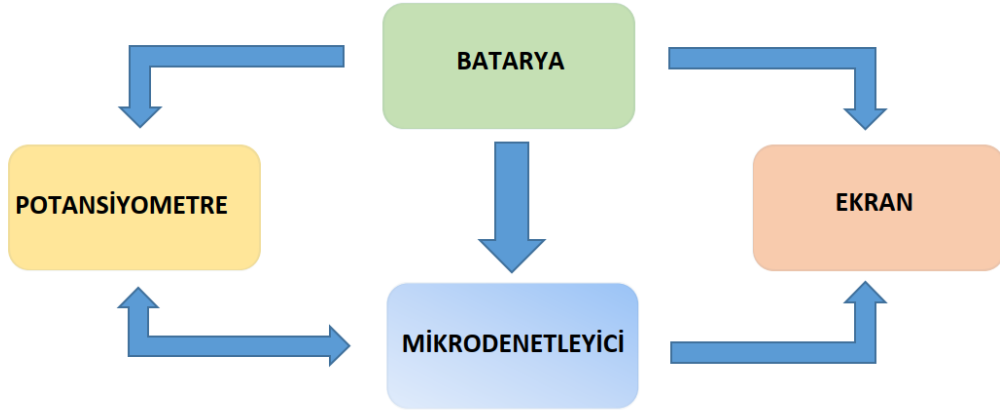
Şekil 3.11 Geri beslemeli ağ yapısı [Kurnaz 2014]

4. ALGOMETRE CİHAZ TASARIMI

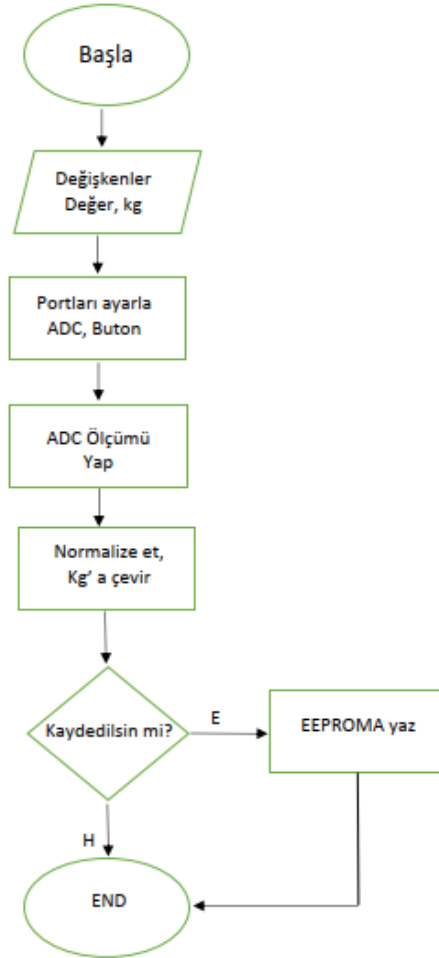
Algometre cihazı ülkemizde üretimi olmayan, yurtdışı temini ise yüksek fiyatlar nedeniyle kısıtlı olan bir cihazdır. Kullanım kolaylığı ve güvenilir bir ölçüm cihazı olmasına rağmen temin zorluğu nedeniyle ülkemizde birçok fizyoterapist bu cihazı kullanamamaktadır. Cihaz kullanımı ve yapısı incelendiğinde farklı ölçme yöntemlerinin yapılabileceği görülmüştür. Yapılabilirliği ve çalışma kararlılığı bakımından 3 yapı üzerinde karar kılınıp bu modeller üzerinde çalışma yapılmıştır. Bu tezde çalışması farklı olan 3 değişik tasarım modeli incelenmiştir. Algometre gövde yapısı, 3d çizim programlarında tasarlandıktan sonra 3d yazıcı cihazı yardımıyla oluşturulmuştur. Farklı çalışma yapısına sahip cihazlar test edilerek en doğru ve güvenilir cihazı belirlemek amaçlanmıştır.

4.1 Yaylı – Potansiyometre Yapılı Algometre:

Bu tasarımda uygulanan kuvvet büyüklüğüne, karşı yönde kuvvet uygulaması için uygun büyüklük ve gerilme özelliği olan bir yay kullanılmıştır. Yaya 10 kg/F lık bir kuvvet uygulandığında yaklaşık 10 cm boyunda gerilmektedir.

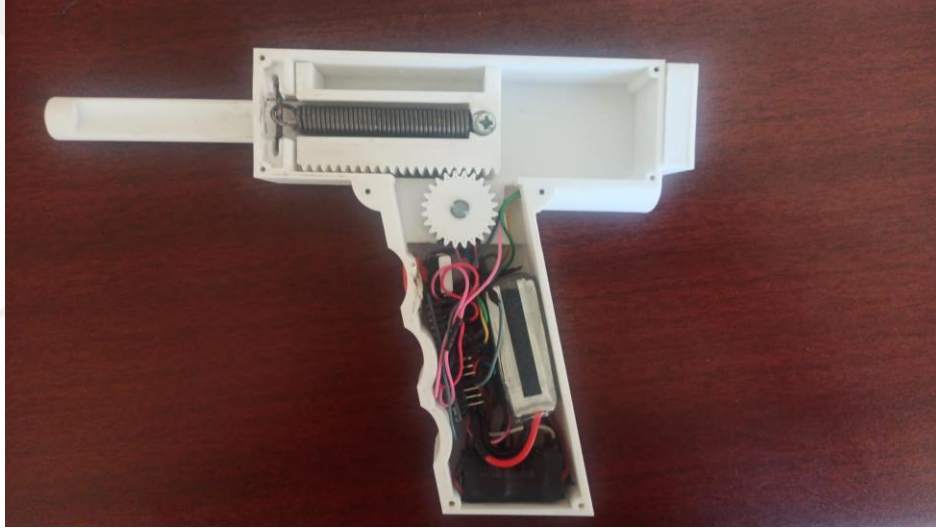


Şekil 4.1 Yaylı Potansiyometre yapılı algometre yapısı



Şekil 4.2 Yaylı Potansiyometre yapılı tip algometre akış şeması

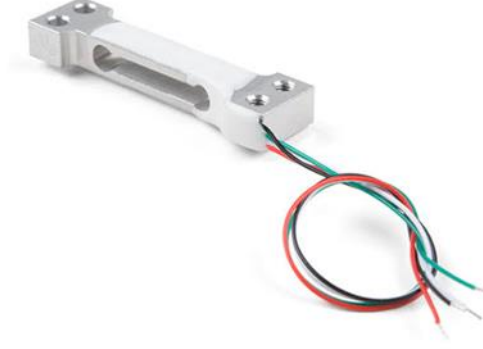
Çekme yay kullanılan bu yapıda uygulanan kuvvet yayın bir yönde gerilmesine, buna bağlı olarak iç yapıyı dikey yönde hareket ettirmektedir. Dikey yönde hareket eden iç yapı dişli kenar sayesinde orta kısımda bulunan potansiyometreye döner hareket uygulamaktadır. Potansiyometre girişine uygulanan gerilim değeri dönüş oranına göre değişim göstermektedir. Potansiyometreye verilen gerilim anlık ölçüldüğünde dönüş miktarı hesaplanabilmektedir. Potansiyometre üzerinden alınan değerler mikrodenetleyici devresi yardımıyla ADC olarak okunmaktadır. Uygulanan kuvvete bağlı olarak potansiyometreden okunan değerler bu şekilde tespit edilmektedir. Kuvvet büyüklüğüne denk gelecek değeri hesaplamak için matematiksel formül oluşturulmuştur. Bu tasarımda mikrodenetleyici olarak arduino pro mini kullanılmıştır.



Fotoğraf 4.1 Yaylı potansiyometre yapılı tip algometre tasarımı

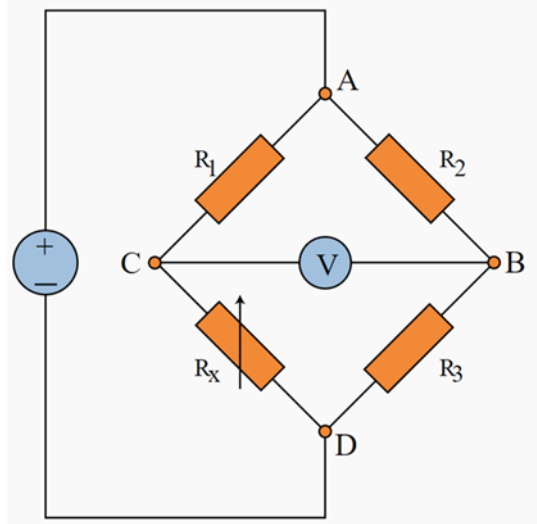
4.2 Load Cell Yapılı Algometre:

Bir yük hücresi, kuvveti ölçülebilir bir elektrik çıkışına dönüştüren bir dönüştürücüdür. Mekanik kuvveti kullanıcının okuyabileceği ve kaydedebileceği dijital değerlere dönüştürerek çalışmaktadır. Pek çok kuvvet sensörü çeşidi olmasına rağmen, gerinim ölçer yük hücreleri en yaygın yük hücresidir ve hassas mekanik terazilerde, kuvvet ölçüm gerektiren uygulamalarda sıklıkla kullanılmaktadır.



Fotoğraf 4.2 Load cell

Load hücreleri genellikle bir yük platformuna veya montaj noktasına bağlanmaktadır. Yük platformunda, nesnenin veya yükün yerleştirildiği yüzeyi temsil eden bir noktaya yerleştirilirler. Load hücresi, yük uygulandığında strain gages üzerindeki gerilme değişikliklerini algılar ve bu gerilme değişiklikleri elektrik sinyaline dönüştürülerek amplifikatörlere veya veri toplama sistemlerine iletilmektedir.



Şekil 4.3 Load cell çalışma prensibi

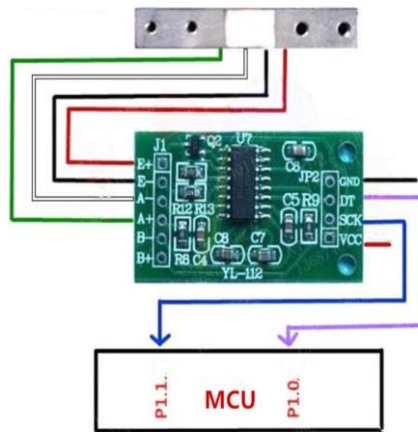
Mekanik bir yapıya sabitlenecek olan strain gage, üzerine uygulanacak ağırlık gibi bir yüke veya bir kuvvete maruz kaldığında, bu kuvvetin neden olduğu nispi sıkıştırma veya gerilimi ölçebilmektedir. Şekilde de görüldüğü gibi tam köprü

devresinde uyarma voltajı A ve D noktalarından sağlanırken, sensörün çıkış gerilimi B ve C noktalarından ölçülmektedir.

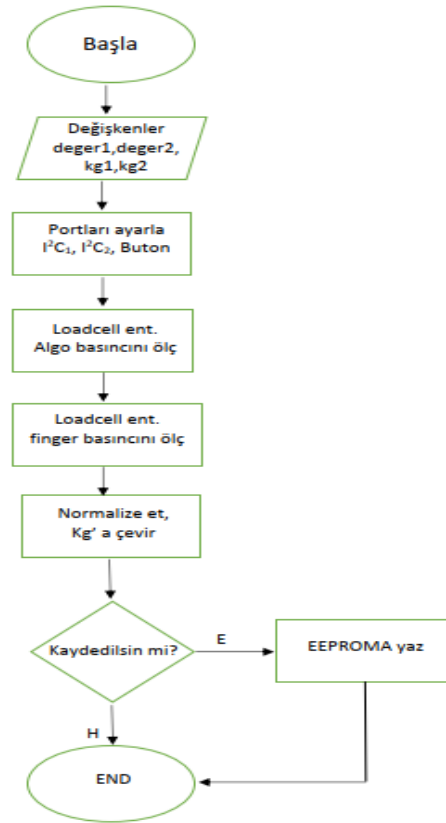
Ölçüm yapılacak yükün doğasına bağlı olarak, doğru load hücresi tipi ve kapasitesi seçilmelidir. Ayrıca, uygun kalibrasyon ve düzenli bakım, load hücresinin doğru ve güvenilir ölçümler yapmasını sağlamak için önemlidir.

Yaptığımız tasarımda 10 kg yük ölçümü yapabilen kare tip load cell kullanılmıştır. Gövde ortasına sabitlenen load cell sensörü alt kısımda bulunan silindir uç yapı sayesinde uygulanan kuvveti direkt olarak hissetmektedir. Load cell sensörden alınan veriler mikrodenetleyici devre yardımıyla okunup işlendikten sonra ekrana yazdırılmaktadır. Mikrodenetleyici olarak arduino pro mini kullanılmıştır.

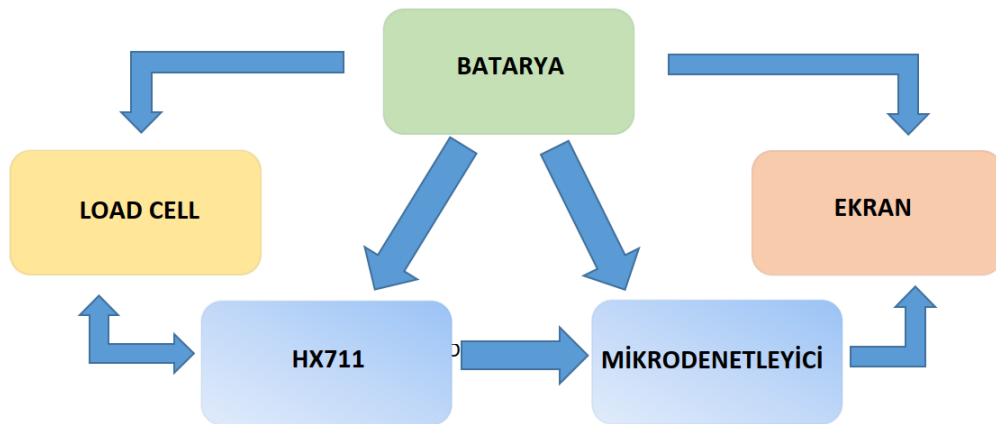
HX711 kartı: Hx711 kartı yük hücresi tarafından algılanan analog kuvvet değerini dijital veriye dönüştürerek mikroişlemciye aktarılmasına olanak sağlamaktadır. Bu tasarımda da bir adet HX711 kartı kullanılmıştır.



Şekil 4.4 HX711 kartı ve bağlantı şeması



Şekil 4.5 Load Cell ölçüm tip algometre akış şeması



Şekil 4.6 Load Cell sensör tip algometre yapı birimleri



Fotoğraf 4.3 Load Cell ölçüm yapılı algometre

4.3 Hall-Effect Sensör Yapılı Algometre:

Hall etkisi sensörü, elektrik akımı taşıyan bir iletken malzemenin üzerinden geçen manyetik alanı algılayarak çalışan bir sensördür. Bu sensör, iletken malzeme üzerinde oluşan Hall gerilimini ölçerek manyetik alanın varlığını tespit etmektedir.

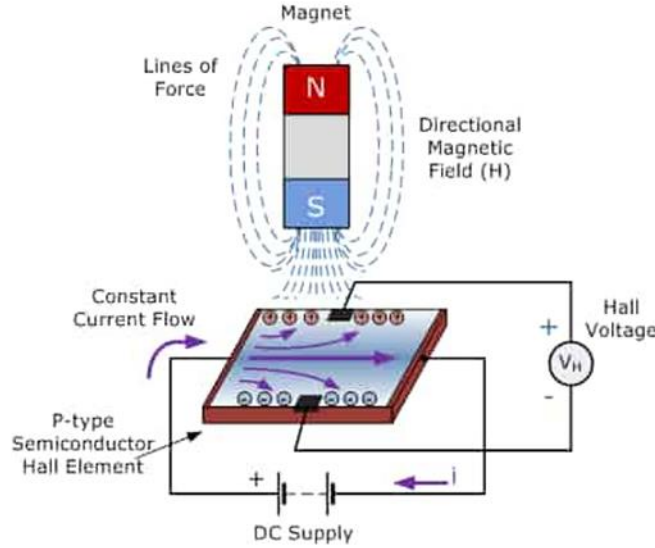
Hall etkisi, 1879 yılında Amerikalı fizikçi Edwin Hall tarafından keşfedilmiştir. Temel olarak, bir manyetik alana maruz kalan bir iletken içinde hareket eden elektronların yönünde bir değişiklik olmaktadır. Elektronların hareket yönünde sapmalar meydana gelmekte ve bu sapmalar Hall gerilimi olarak adlandırılan bir elektrik potansiyel farkına neden olmaktadır.



Fotoğraf 4.4 Hall Effect Sensör

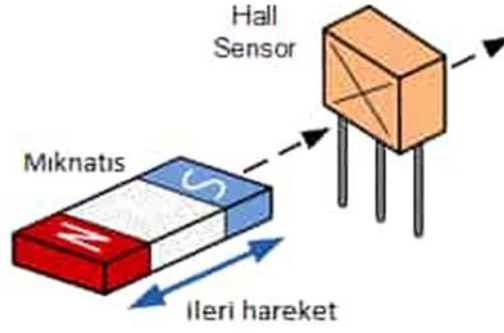
Hall etkisi sensörü, kalıcı bir mıknatıstan veya bir elektromıknatıstan üretilen bir manyetik alanın kuvvetini ve yönünü tespit etmek için kullanılabilen, çıkış değeri manyetik alanın kuvveti ile orantılı olarak değişen bir manyetik sensör türüdür. Manyetik sensörler, manyetik veya manyetik olarak kodlanmış bilgileri elektronik devreler tarafından işlenmek üzere elektrik sinyallerine dönüştürmektedir. Manyetik sensörler, konumu, hızı veya yönlü hareketi algılama gibi birçok farklı uygulamada kullanılabilmektedir.

Bir Hall etkisi sensörü, genellikle bir yarıiletken kristal üzerine yerleştirilmiş bir manyetik alan algılayıcı çipinden oluşmaktadır. Yarı iletken kristalde, sensörün kenarında elektrik akımı taşıyan bir kanal bulunmaktadır. Manyetik alan, bu kanal boyunca dik bir yönde uygulanmaktadır[51].



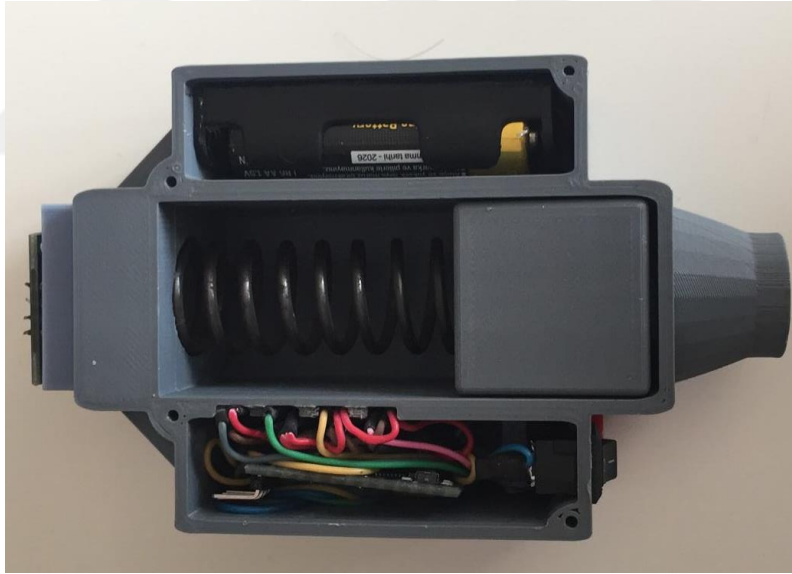
Şekil 4.7 Mıknatısın Manyetik Hale Dik Etki Ederek Voltaj Oluşturması

Manyetik alanın uygulanmasıyla birlikte, elektronların hareket yönlerinde sapmalar olmaktadır. Eğer elektronlar sağa doğru sapsa, sağ tarafta negatif yük birikimi, sol tarafa ise pozitif yük birikimi oluşacaktır. Bu durumda, kanal boyunca Hall gerilimi meydana gelmektedir. Hall gerilimi, sensörün kenarında yerleştirilmiş olan iki terminal arasında ölçülmektedir. Manyetik alanın şiddeti arttıkça, Hall gerilimi de artacaktır. Bu nedenle, Hall etkisi sensörleri manyetik alanın şiddetini ölçmek ve manyetik alanın varlığını algılamak için kullanılmaktadır.

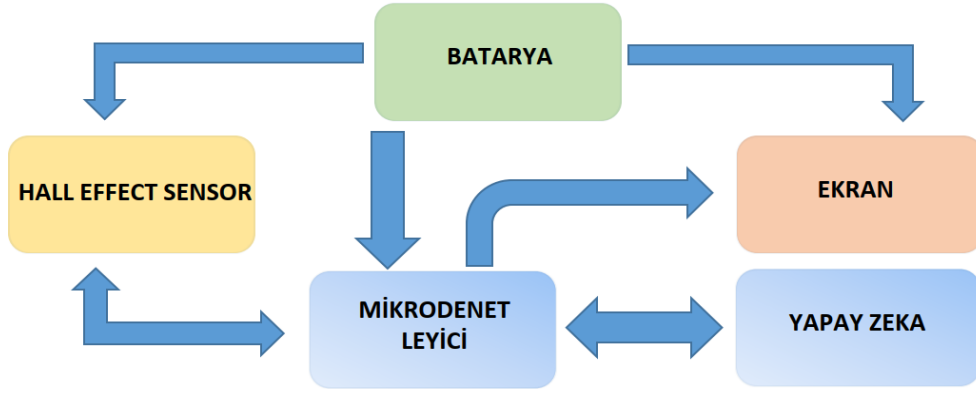


Şekil 4.8 Hall Sensörünün Mıknatısı Algılaması

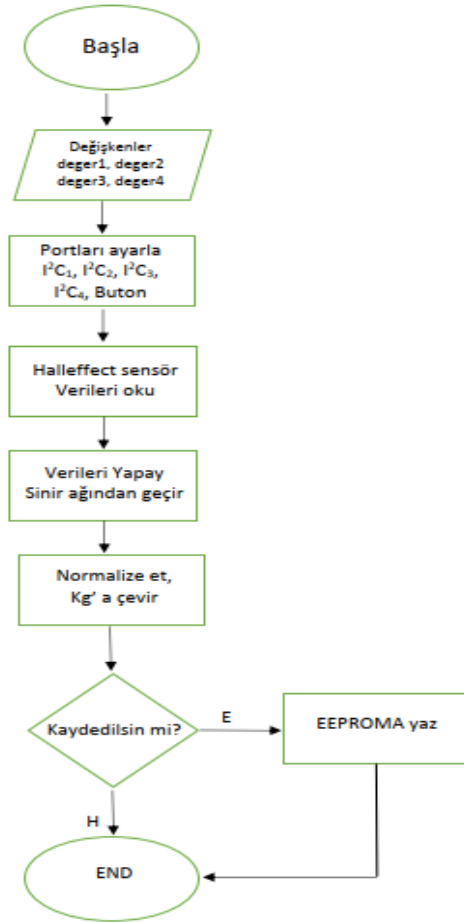
Hall etkisi sensörleri geniş bir kullanım alanına sahiptir. Örneğin, manyetik alan sensörü olarak manyetik alanın tespit edilmesi, pozisyon algılaması, hız ölçümü, akım ölçümü ve manyetik alana dayalı kompakt pusula gibi uygulamalarda sıkça tercih edilmektedir.



Fotoğraf 4.5 Hall Effect Sensörlü algometre



Şekil 4.9: Hall Effect Sensörlü algometre yapısı



Şekil 4.10 Hall Effect sensörlü ölçüm tip algometre akış şeması

Bu tasarımıda uygulanan kuvvet yayda sıkışmaya sebebiyet vermektedir. Diğer taraftan sıkışan yayda karşı yönde kuvvet ortaya çıkmaktadır. Cihazın orta kısmında uygulanan kuvvete bağlı olarak hareket eden küp şeklinde birim bulunmaktadır. Bu birim üzerine sabitlenmiş olan mıknatıs küple birlikte iç yönde ilerleme hareketi göstermektedir. Gövde yapısında belirli aralıklarla sabitlenmiş hall effect sensörler, kendilerine yaklaşan mıknatısın oluşturduğu manyetik alana göre değer üretmektedir. Üretilen değerler mikrodenetleyici devre yardımıyla tespit edilmektedir. Sonucun daha güvenilir olması için yapay zeka filtresinden geçirilmektedir. Nihai değerler gerçek ölçüm değerine en yakın tahmin sonucunu veren formül yapısına uygulandıktan sonra tahmini sonuç hesaplanmaktadır. Bulunan sonuç cihaz üzerinde bulunan ekrana yazdırılmaktadır.

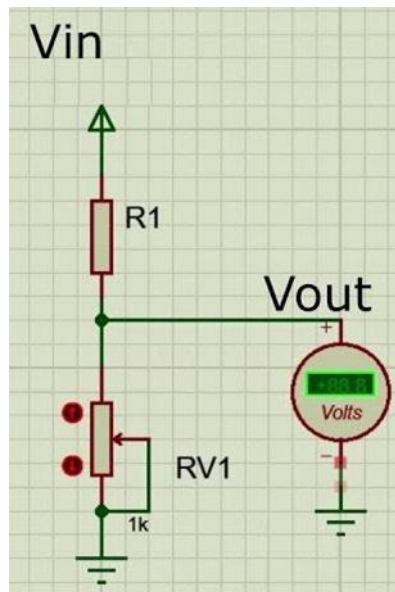


5. BULGULAR

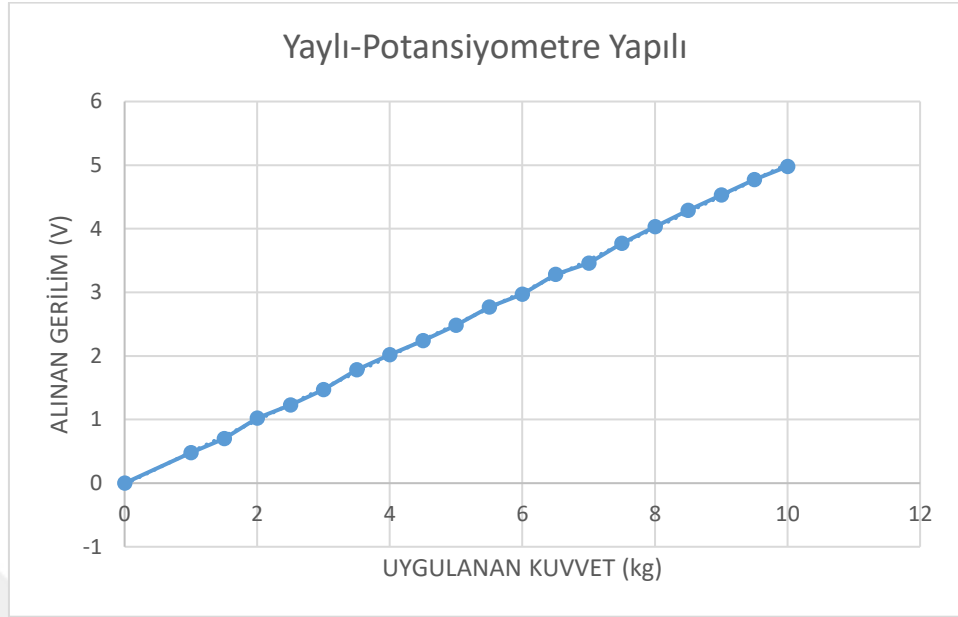
Ağrı eşik değerini ölçmek için kullanılan cihazlardan bir tanesi de algometredir. Algometre vücuda uygulanan kuvvetin büyüklüğüne göre hissedilen ağrı büyüklüğünü sayısal olarak ifade etmeye yarayan bir ölçüm aletidir. Fizyoterapistlerin çok sık kullandığı bu cihazın maalesef ülkemizde üretimi bulunmamaktadır. Yurtdışı tedarik sürecinin zaman alması ve yüksek maliyeti nedeniyle ülkemizde bu cihazın kullanım oranı son derece düşüktür. Ağrı tespiti ve sonrasında yapılan tedavinin etkinliğinin belirlenmesinde son derece faydalı olan bu cihazın ülkemizde de yaygın şekilde kullanılabilmesi için cihaz tasarımları üzerine çalışılmıştır. Tasarım planları yapılırken değişik yapıda cihazlar üretilerek birbirleri ile mukayese edildikten sonra en kullanışlı ve doğru ölçüm yapan cihazı bulmak hedeflenmiştir. Bu kapsamda üretilen 3 ayrı cihaz hem tasarım olarak hemde ölçüm yöntemi bakımından birbirlerine göre farklılık göstermektedirler.

5.1 Yaylı-Potansiyometre Yapılı Algometre Sayısal Veriler:

Bu algometre yapısında ayarlı direnç olan potansiyometre kullanılmıştır. Ölçüm işleminde mikrodenetleyicinin ADC girişine potansiyometrenin çıkışı bağlanarak değer okuma işlemi sağlanmıştır. 0-5 volt, 0-1023 adım aralığına bölünerek ölçme yapılmıştır.



Şekil 5.1 Gerilim okuma devresi



Şekil 5.2. Yaylı-Potansiyometre yapılı algometre okunan değer grafiği

Uygulanan kuvvete bağlı olarak okunan değer grafiği yukarıdaki gibidir. Grafik eğrisi incelendiğinde oluşan eğrinin lineer olmadığı görülmektedir. Oluşan eğriye eğilim çizgisi eklenip polinom grafiği alındığında oluşan formül şu şekilde olmaktadır:

$$y = -0,0002x^3 + 0,0034x^2 + 0,4905x - 0,007$$

Kuvvetin büyüklüğüne göre konum değiştiren potansiyometre üzerinden alınan gerilim değeri mikrodenetleyici devre yardımıyla okunduktan sonra formülünden geçirilerek tahmini büyüklük hesaplanmaktadır. Bu tasarımda döner hareketi sağlayan dişli sistemin olabildiğince ince yapıda ve boşluksuz olması gerekmektedir. Dişliler arası boşluk bulunursa uygulanan kuvvete göre potansiyometre tam hareket yapamayacağı için yanlış ölçüm gerçekleşecektir.

5.2 Load Cell Yapılı Algometre Sayısal Veriler:

Yapılan çalışmada kullanılan load cell ölçüm metodu şu şekilde yapılmıştır.

$$U = \frac{UB \cdot Ur}{Maxkap} \cdot yük$$

U: Okunan değer,

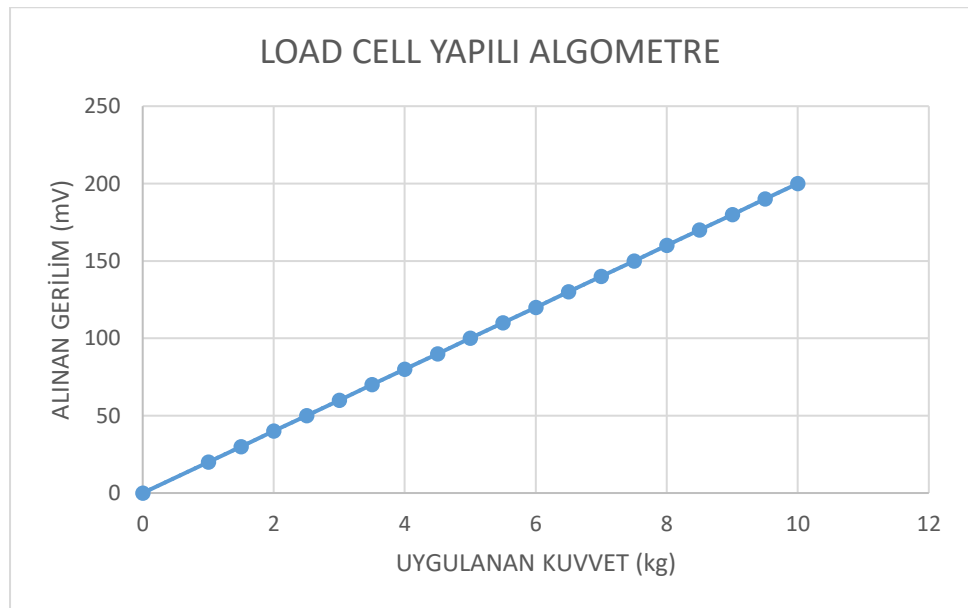
UB: Besleme gerilimi,

Ur: Çıkış gerilimi,

Maxkap: Maksimum kapasite,

yük: Uygulanan kuvvet

Çalışmamızda 10 kg kapasiteli çıkış gerilimi 40mV olan yük hücresi kullanılmıştır. Buna göre uygulanan kuvvet büyüklüğüne göre okunan değer tablosu şu şekilde oluşmuştur.



Şekil 5.3. Kuvvete göre Load Cell den okunan değerler grafiği

Load Cell yapılı algometre uygulanan kuvvete bağı olarak ölçülen değer grafiği yukarıda verildiği gibidir. Grafik değerlerine bakıldığında daha doğrusal bir eğrinin oluştuğu görülmektedir.

Bu yapıda dikkat edilmesi gereken hususlardan bir tanesi, uygulanan kuvveti load cell yapısına iletecek olan mekanizma yapısının sensörün tam orta noktasına temas etmesi gerektiğidir. Ancak bu şekilde gelen kuvvet tam olarak sensöre iletelebilmektedir. Ayrıca load cell in esneme yapan bölgesinin boşlukta olması gerekmektedir. Herhangibir bölgeye temas etmesi, ölçüm sonucunu direk etkileyeceğinden dolayı yanlış ölçüme neden olacaktır.

5.3 Hall Effect Sensör Yapılı Algometre Sayısal Veriler

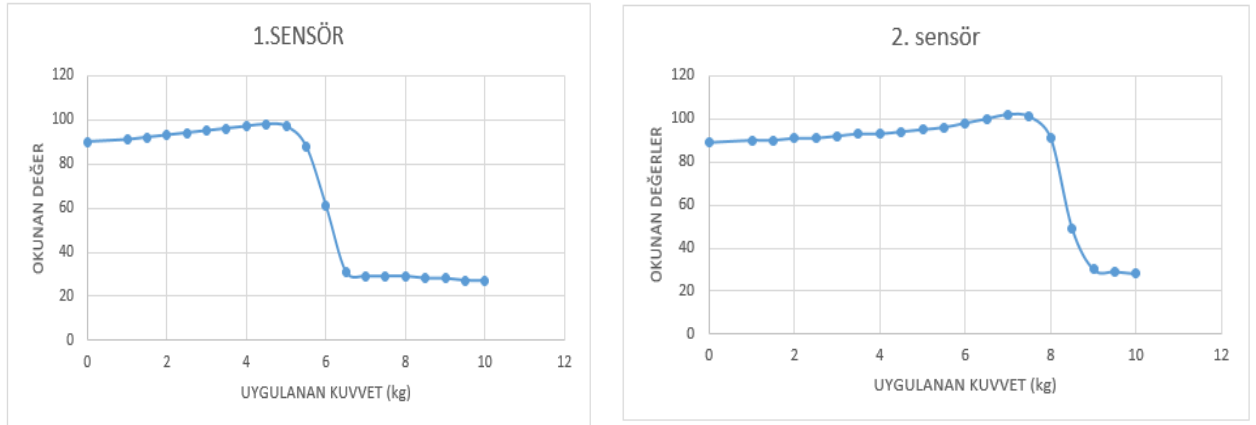
Bu tasarımda sabit aralıklarla sabitlenmiş 4 adet hall effect sensör kullanılmıştır. Yapı içerisinde görünen kırmızı blok üzerinde neodyum mıknatıs bulunmaktadır. Orta kısımda bulunan boşluğa konulan basma yay, uygulanan kuvvete zıt yönde direnç uygulamaktadır. Yay uygulanan kuvvetin büyüklüğüne göre sıkışma göstermektedir. Hareket eden blok yapı üzerinde bulunan mıknatıs sensörlere doğru yaklaşım sergilemektedir. Mıknatısın yaklaşım konumuna göre her bir hall effect sensörden veriler okunmaktadır. Eşit aralıklarla yan yana sabitlenmiş olan sensörler mıknatısın konumuna göre değer üretmektedir. Alınan veriler mikrodenetleyici devre yardımıyla okunmaktadır. Veriler daha önceden test edilerek belirlenmiş olan formül yapılarına uygulandıktan sonra çıkan sonuç ekrana yazdırılmaktadır. Uygulanan kuvvet ve hall effect sensörlerden alınan veriler aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

UYGULANAN YÜK	1.Sensör	2.Sensör	3.Sensör	4.Sensör
0 kg	89	88	83	85
0,5 kg	90	89	83	85
1 kg	91	90	83	85
1,5	92	90	83	85
2 kg	93	91	84	85
2,5 kg	94	91	84	85

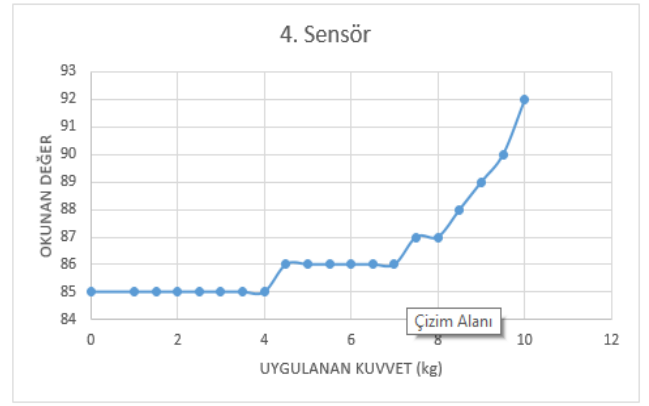
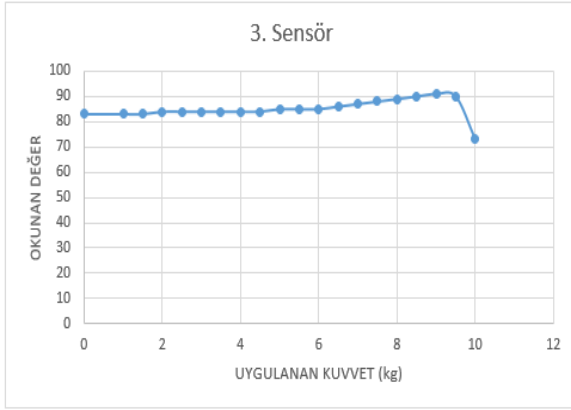
3 kg	95	92	84	85
3,5 kg	96	93	84	85
4 kg	97	93	84	85
4,5 kg	98	94	84	86
5 kg	97	95	85	86
5,5 kg	88	96	85	86
6 kg	61	98	85	86
6,5 kg	31	100	86	86
7 kg	29	102	87	86
7,5 kg	29	101	88	87
8 kg	29	91	89	87
8,5 kg	28	49	90	88
9 kg	28	30	91	89
9,5 kg	27	29	90	90
10 kg	27	28	73	92

Tablo 5.1. Kuvvete göre hall effect sensorlerden okunan değerler

Buna göre uygulanan kuvvetin büyüklüğüne göre herbir sensörden okunan değerler grafik haline getirildiğinde şu sonuçlara ulaşılmıştır.



Şekil 5.4 Hall effect yapıli algometre 1. ve 2. Sensörlerden alınan değerler



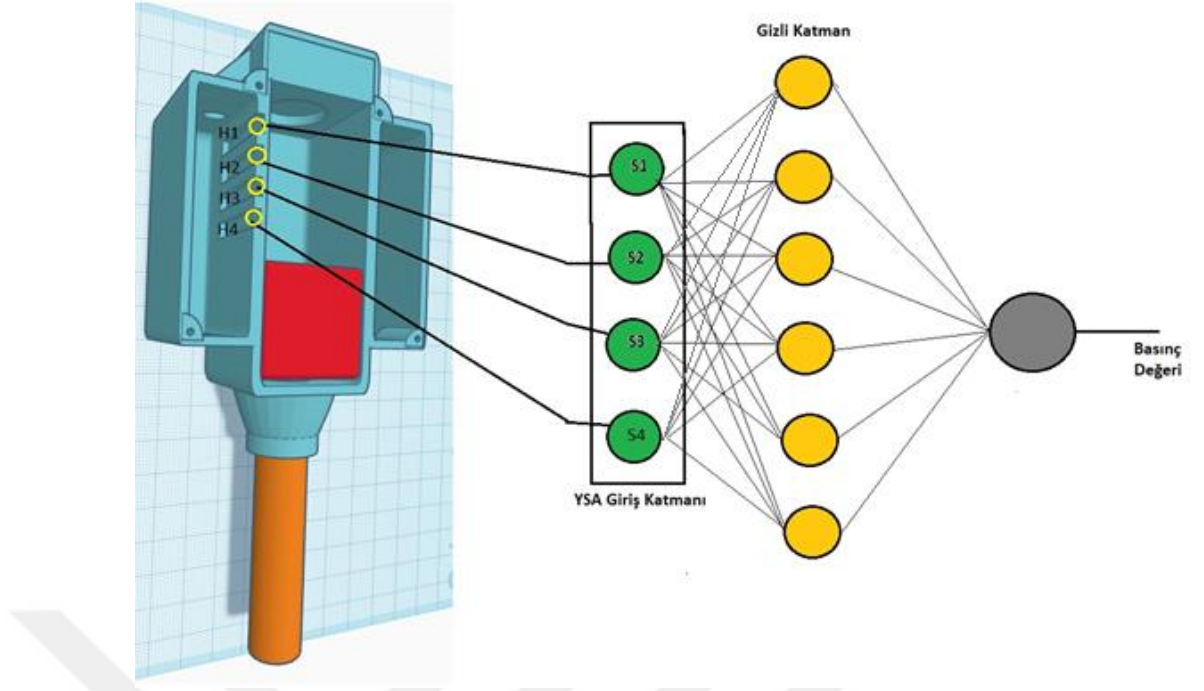
Şekil 5.5. Hall effect yapılı algometre 3. ve 4. sensörlerden alınan değerler

5.4 Yapay Sinir Ağı Kullanımı

Hall-effect sensörlerinden elde edilen gerilim değerleri uygulanan kuvvetin büyüklüğüne göre elde ettiğimiz giriş değerleridir. Çıkış değerleri olarak gerçek bir algometreden aynı kuvvete göre alınan değerler okunup, bu değerler TARGET verisi olarak değerlendirilmiştir.

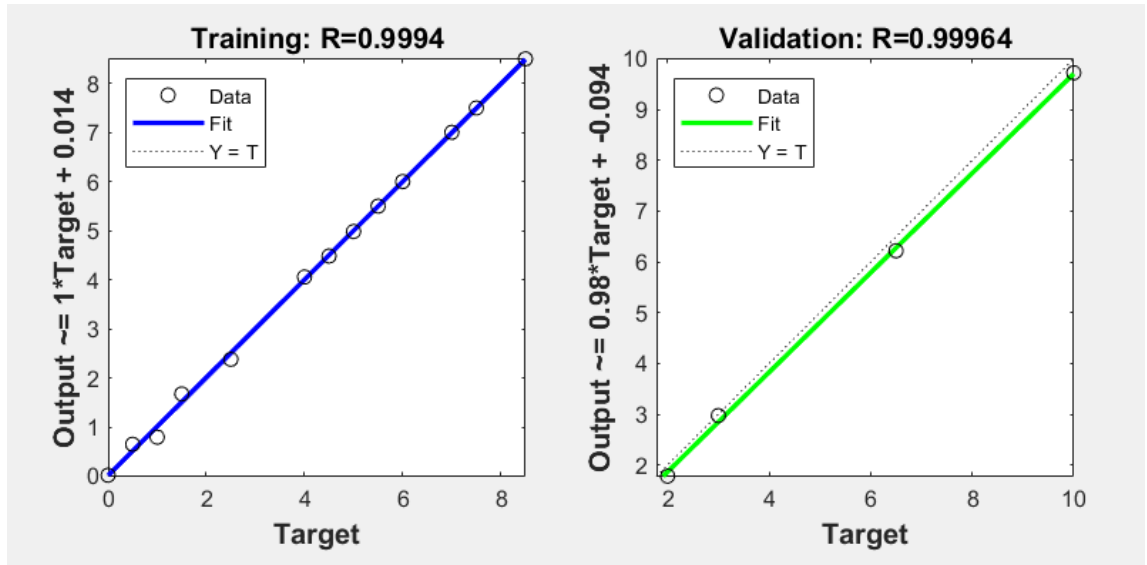
Giriş verileri bir YSA ağına uygulanıp, Target verileri çıkış olarak tanımlanmıştır. Sistemin bir YSA modeli çıkarılarak geliştirdiğimiz sensöre göre gerçek kuvvet değerlerini tespit eden bir YSA tabanlı yapı geliştirilmiştir.

Tabloya göre 4 sensörden alınan değerler 20 gizli nöronlu YSA analizine giriş olarak verilmiştir.

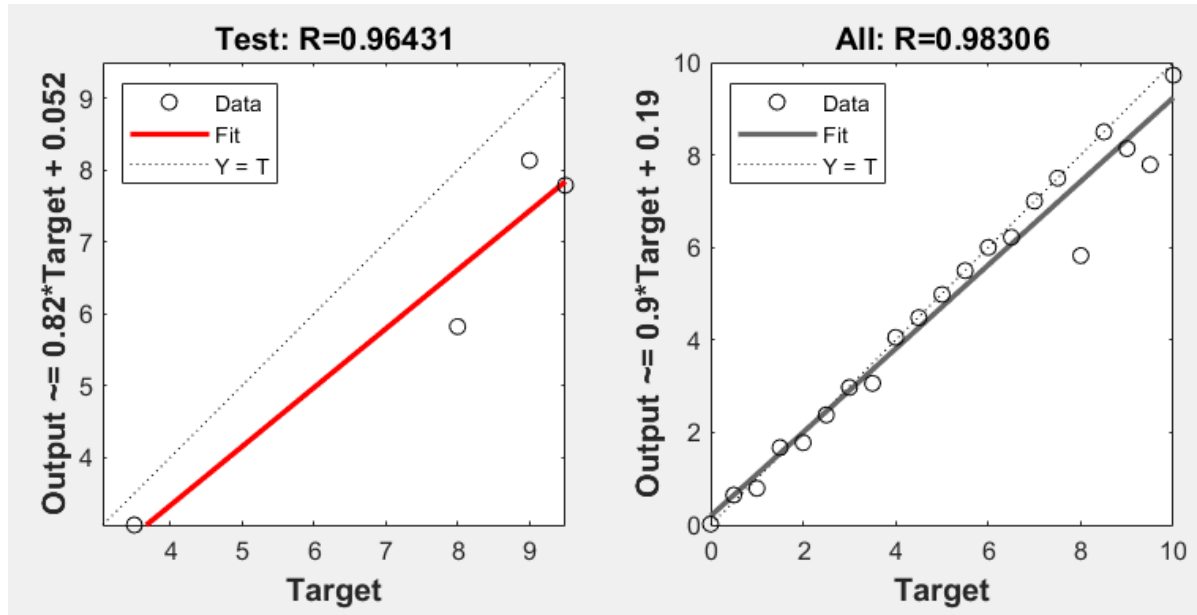


Şekil 5.6 Yapay sinir ağı uygulama şeması

Eğitim, doğrulama ve test verisi sonuç grafikleri şekillerde gösterilmiştir.



Şekil 5.7 YSA Eğitim ve Doğrulama grafiği



Şekil 5.8 YSA Test ve Tüm grafik

Sonuçlara göre YSA ile uygulanan baskı kuvvetinin kg olarak karşılığına gelen tahmin düzeyinin başarılı olduğu MSE ve R^2 değerlerinden anlaşılmaktadır.

Results			
	Samples	MSE	R
Training:	13	8.74067e-3	9.99400e-1
Validation:	4	5.06706e-2	9.99644e-1
Testing:	4	2.15132e-0	9.64307e-1

Tablo 5.2 YSA MSE ve R^2 değerleri

Ölçümde alınacak örnek sayısının arttırılması ve sensörlerin farklı yerlere yerleştirilmesi cihaz ölçüm başarısının artmasına olanak sağlayacaktır. Uygulanan YSA uygulamasında MATLAB’da elde edilen iki katmanlı 20 nöronlu 2 gizli katmanlı sistemde grafiklerden görüldüğü üzere tahmin doğruluğu oldukça yüksektir. Bu sistemlerde tahmin doğruluğu belirleyen en önemli faktörler:

5.4.1 R^2 (Belirsizlik katsayısı):

Model belirleme kriterlerinden biri olan R^2 belirlilik katsayısı neredeyse tüm istatistik modellerinde kullanılan çok önemli bir kriterdir. Bu kriter aynı zamanda

çoklu belirlilik katsayısı olarak da isimlendirilir. R^2 (multiple coefficient of determination), birden fazla bağımsız değişkenin bağımlı değişkeni açıklama oranını göstermektedir. 0-1 rakamları arasında değer alan R^2 , 0'a doğru yaklaştığında verinin örnek alınan veriye uygun olmadığını, yani modelin verileri açıklayamadığını göstermektedir [52].

5.4.2 MSE (Mean Squared Error):

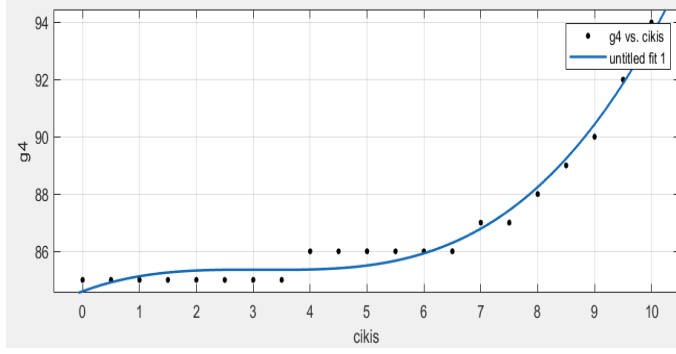
Ortalama Kare hatası tahminde bulunulan sonuçların gerçek değerden ne kadar farklı olduğu konusun da mutlak bir sayı vermektedir. MSE, diğer model sonuçlarıyla mukayese edebilmek için gerçek bir sayı üretmektedir. Bu sayede en iyi regresyon tipini belirleme de yardımcı olmaktadır. MSE aykırı değerlere karşı çok hassastır. Sıfırı yaklaştıkça tahminleyicilerin daha güzel performans ortaya koyduğu söylenebilir[52].

Bu sistemde 0.99 gibi çok yüksek bir R^2 değeri elde edilmiştir. MSE değeri ise eğitim ve doğrulamada 0'a yakinken test verisinde 2.15 dir. Ölçülen verilerin artırılması MSE değerini 0 a yaklaştıracaktır ve tahmin değerinin doğruluğu artacaktır.

Diğer bir tahmin yönteminde YSA yerine Curve Fiting (Eğri Uydurma) yapılarak tahmin edilecek basınç değerinin sensör değerlerine bağlı olarak bir polinom denkleminde bağlanması ile denklemsel tahminde incelenmiştir.

5.4.3 Curve Fitting (Matlab Eğri Uydurma):

Genellikle deney ortamlarında yapılan çalışmaların ardından bulunan veriler noktasal değerlerdir. Veriler arasında süreklilik arz eden bir fonksiyon yapısı yoktur. Bu durumlarda veriler; $(x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)$ şeklinde nokta çiftleri olacak şekilde verilir. $j = 1, \dots, n$ için $f(x_j) \approx y_j$ olacak türde $f(x)$ fonksiyonunun tespiti hedeflenmektedir. Yani; bir fonksiyonun noktasal şekilde verilen değerlerinde, fonksiyona en yakın başka bir fonksiyon yapısının bulunması veya pratikte kullanışlılığı zor olan fonksiyonların yerine kullanılacak, hesaplamalarda kişiye kolaylık sağlayacak yeni fonksiyonların yapılarının araştırılması “eğri uydurma” problemidir [53].



Linear model Poly3:

$$f(x) = p1*x^3 + p2*x^2 + p3*x + p4$$

Coefficients (with 95% confidence bounds):

p1 = 0.02543 (0.01688, 0.03398)

p2 = -0.239 (-0.3692, -0.1088)

p3 = 0.7399 (0.1875, 1.292)

p4 = 84.6 (83.98, 85.22)

Goodness of fit:

SSE: 2.718

R-square: 0.9783

Adjusted R-square: 0.9745

RMSE: 0.3999

Şekil 5.9 Curve fitting (Eğri uydurma) da polinom denklemi ile tahmin

Burada elde edilen polinom denklemi mikrodenetleyici yazılımına eklenerek sensör değerine göre basınç değeri tahmini yapılabilir.

6. TARTIŞMA

Yapılan çalışmalar algometre cihazının birçok hastalığın tanısının belirlenmesinde ve tedavi sürecini izlemede başarılı olduğunu göstermektedir. İlgili cihazın sadece yurt dışı yoluyla ve yüksek ücret karşılığı temin edilmesi ülkemizde bu cihazın kullanımının yaygınlaşmasına engel olmuştur. Bu olumsuzluğu gidermek için algometre cihaz geliştirilmesi yönünde çalışmalar yapılmıştır. Tasarlanan algometre cihaz yapıları 3d çizim programlarında çizilerek 3d yazıcı ile üretilmiştir. Tasarımın bilgisayarda çizildikten sonra 3d yazıcı ile basım süresi çok uzun zaman almaktadır. Bunun yerine seri üretim yapılmasına olanak sağlayan plastik enjeksiyon makineleri tercih edilebilir.

Cihaz gövde yapıları el yapısına uygun üretilmelidir. Kullanıcı hastaya ölçüm yapmak için basınç uyguladığı zaman cihaz elden kaçmamalı, cihazın kenar kıvrımları keskin yapıda olmamalı, ele zarar vermemelidir. Tasarım planlamasında bu hususlar dikkate alınmalıdır.

Yaylı-potansiyometre yapılı algometre tasarımında $0-1 \text{ kg/cm}^2$ arasındaki değerlerin ölçüm yeteneği yetersiz olmuştur. Yayın ilk açılım anındaki direncinden kaynaklanan bu durumun giderilmesi için ana yaydan bağımsız daha küçük yapıda başka yay kullanımı bu sorunun giderilmesinde fayda sağlayabilir. Ayrıca dişli çark yapısındaki diş sayısı ve büyüklüğü ölçüm kalitesini direk etkileyecektir.

Hall Effect Sensörlü tasarımda, sensör gövdesine yaklaşan mıknatısın oluşturduğu manyetik alan sonucu sensörlerden alınan veriler grafik haline getirilip incelendiğinde sensörün sıfır alan merkez bölgesinden geçerken manyetik alan konumuna göre, hem pozitif hem de negatif yönde çıkış voltajı oluşturabildiği görülmüştür. Buna göre cihaz içerisine yerleştirilecek olan sensör yapılarının manyetik alan hattına göre uygun bir noktaya konulmasının önemini ortaya çıkarmıştır. Ayrıca sensörler arası mesafe de yine doğru ölçüm yapabilmek için önem arz etmektedir. Sensörlerden alınan verilerin yapay sinir ağlarından geçirildikten sonra hesaplanması güvenilirlik oranını artırmaktadır. Yapay sinir ağlarına uygulanacak verilerin sayısının artırılması, bulunan tahmini değerin gerçek değere yakınlığı noktasında olumlu etki oluşturacaktır.

Load Cell sensör yapılı algometre diğer tasarımlara göre daha hassas ve kararlı çalıştığı görülmüştür. Birçok yapıda üretilen ve hassas uygulamalarda da kullanılan

load cell sensörü, algometre cihazı içinde son derece uygun bir ölçüm sensörü olduğu yapılan testler sonucu kanıtlanmıştır.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ağrının tespit edilmesi ve giderilmesi için ağrı şiddetinin doğru şekilde ölçülmesi çok önemlidir. Ağrı ölçüm cihazı olan algometrenin ağrı şiddetini ölçmek için geçerli ve güvenilir bir ölçüm aracı olduğu yapılan çalışmalar sonucu kanıtlanmıştır.

Yaptığımız çalışmalarda 3 farklı yapıda algometre cihazı tasarlanmış olup cihazlar içerisinde en kullanışlı ve doğru ölçüm yapan cihazı tespit etmek amaçlanmıştır. Yaylı – potansiyometre ve hall effect sensör yapılı cihazların tasarımlarında uygun kuvvete karşı direnç oluşturacak yay kullanılmıştır. İlgili yayların uzun vadede gerilme ve baskılama tepkilerine karşı yapısında bozulmalar meydana gelebileceğinden dolayı sık sık kalibrasyon ayarı yapılması gerektiği tespit edilmiştir. Load cell yapılı algometre cihazı, ölçüm hassasiyetinin yüksek oluşu ve uzun süreler kullanılsa bile kalibrasyona gerek duymaması nedeniyle diğer yapıda tasarlanan cihazlara göre üstün özellik sergilemiştir.

Tasarlanan cihazların tamamı anlık değer göstermekte ve resetleme tuşuyla sıfırlanmaktadır. Gelecekte tasarlanması planlanan cihazlarda hafıza özelliği eklenip hastanın ölçülen önceki verileri kaydetme özelliği eklenmesi planlanmaktadır.

Yeni tasarım cihaza eklenecek bluetooth teknolojisi sayesinde ölçülen değerleri akıllı telefon, tablet gibi elektronik cihazlara gönderilmesi böylece hekimlerin işlerinin daha kolay hale getirilmesi düşünülmektedir.

İleride yapılacak çalışmalarda hall sensörler farklı konumlara veya her iki yana da dağıtılarak ölçümler alınması ile oluşturulacak YSA sisteminde tahmin doğruluğunun daha da artacağı düşünülmektedir.

Bu cihazın ülkemizdeki üretimini sağlamak ve geçerlilik güvenilirlik testlerinin yapılabilmesi amacıyla Tübitak 1005 Ulusal Fikirler Kapsamında proje olarak yazılmıştır.

8. KAYNAKLAR

Bu tez çalışmasında Vancouver atıf sistemi kullanılmıştır.

1. Alfred C. Haddon, Religions Ancient and Modern Magic and Fetishism, Archibald Constable Fef co Ltd 16 James Street Haymarket, London 1906.
2. Alfred C. Haddon, Religions Ancient and Modern Magic and Fetishism, Archibald Constable Fef co Ltd 16 James Street Haymarket, London 1906, s. 20.
3. Briggs, K. M., "Some 17th-Century Books of Magic," Folk-Lore 64(4), 1953, 445-62.
4. Collins, a.g.e., s. 1; Veli Atmaca, a.g.e., s.17; Clark, a.g.e., s. 38-41; Serdaroğlu, a.g.e., s. 7
5. Hossein Fallahi, Mohammad Hossein Abbaspour-Fard, Amin Azhari, Mehdi Khojastehpour, Amin Nikkhah, Ergonomic assessment of drivers in MF285 and MF399 tractors during clutching using algometer, Information Processing in Agriculture
6. Caroline de Castro Moura, Erika de Cássia Lopes Chaves, Denismar Alves Nogueira, Denise Hollanda Iunes, Hérica Pinheiro Corrêa, Gabriela Aparecida Pereira, Higor Magalhães Silvano, Cissa Azevedo, Tamara Goncalves Rezende Macieira, Tânia Couto Machado Chianca, Effects of ear acupuncture combined with cupping therapy on severity and threshold of chronic back pain and physical disability: A randomized clinical trial, Journal of Traditional and Complementary Medicine
7. Ray Postuma, Glen Vajcner, Ronald B. Postuma, Richard Keijzer, Bedside pressure-pain threshold algometry to measure abdominal tenderness in childhood appendicitis: A retrospective cohort study, International Journal of Surgery Open
8. Phebe De Heus, Gerry Van Oossanen, Machteld C. Van Dierendonck, Willem Back, A Pressure Algometer Is a Useful Tool to Objectively Monitor the Effect of Diagnostic Palpation by a Physiotherapist in Warmblood Horses, Journal of Equine Veterinary Science
9. Dhinu J. Jayaseelan, Keith R. Cole, Carol A. Courtney, Hand-held dynamometer to measure pressure pain thresholds: A double-blinded reliability and validity study, Musculoskeletal Science and Practice
10. S. Starita, M. Deodato, M. Martini, L. Murena, A. Accardo, Does unilateral adhesive capsulitis also affect the healthy shoulder? Bilateral evaluation of shoulder kinematics and pain sensitivity using IMU sensors and algometer, Gait & Posture
11. Sachin P. Angadi, Karthik Ramachandran, Ajoy P. Shetty, Rishi M. Kanna, Rajasekaran Shanmuganathan, Preoperative pain sensitivity predicts postoperative pain severity and analgesics requirement in Lumbar Fusion Surgery- a prospective observational study, The Spine Journal
12. Manuela Deodato, Giulia Grosso, Alice Drago, Miriam Martini, Erica Dudine, Luigi Murena, Alex Buoite Stella, Efficacy of manual therapy and pelvic floor exercises for pain reduction in primary dysmenorrhea: A prospective observational study, Journal of Bodywork and Movement Therapies
13. Juliana Rezende Valladares, Leonardo César Carvalho, Gabriela Rezende Yanagihara, Carmélia Bomfim Jacó Rocha, Paulo Roberto Maia, Lígia de Sousa Marino, Denise Hollanda Iunes, Effect of kinesio-taping on the acute phase of the post-operative reconstruction of the anterior cruciate ligament: A randomized controlled trial, Journal of Bodywork and Movement Therapies
14. Ali Karaağaç, Saniye Aydoğan Arslan, Esra Dilek Keskin, Assessment of pain, scapulothoracic muscle strength, endurance and scapular dyskinesis in individuals with and

without nonspecific chronic neck pain: A cross-sectional study, Journal of Bodywork and Movement Therapies

15. Pasero C. [1997]. Patient Ratings: The Fifty Vital Sign. American Journal of Nursing, 97[2]: 15-16.
16. Gülhane Askeri Tıp Akademisi Hemşirelik Yüksekokulu Hemşirelik Esasları Ders Notları. [1998]. GATA Basımevi, 315-316, Ankara.
17. Pasero, C., Mc Caffery, M. [2000]. When Patient Can't Report Pain. Am J Nursing 99[7]: 13-20.
18. Çakırcalı, E. [2000]. Hasta Bakım ve Tedavisinde Temel İlke ve Uygulamalar. İzmir Güven Nobel, 3. Baskı, 41-42, İzmir.
19. Eti Aslan, F. [2002]. Ağrı Değerlendirme Yöntemleri. C.Ü Hemşirelik Yüksekokulu Dergisi, 6[1] 9-16.
20. NPC and JCAHO [National Pharmaceutical Council Joint Commission on Accreditation of Health Care Organizations]. Pain: Current Understanding of Assessment Management and Treatments. Editor: Patricia H. Berry, C Richard Chapman, Edward C Covington, June L, DahlJeffery A, Katz Christine Miaskowski&Michael J, Mclean. 2001;s21 <http://www.npcnow.org/system/files/research/download/Pain-Current-Understanding-of-Assessment-Management-and-Treatments.pdf> [04 Nisan 2016]
21. Erdine, S. [2000]. Ağrı. Nobel Tıp Kitabevleri, 97-105, İstanbul
22. <https://algoloji.org.tr/15-agri-kongresi-sunulari/>
23. Conk Z, Başbakkal Z, Bal Yılmaz H, Bolışık B. Pediatri Hemşireliği. 1. Baskı. Ankara, Akademisyen Kitabevi 2013.
24. Vatansever E. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi; "Cerrahi Yoğun Bakım Ünitesinde Mekanik Ventilatore Bağlı Hastalarda Ağrı Davranışlarının İncelenmesi" Marmara Üniversitesi Cerrahi Hastalıkları Hemşireliği Anabilim Dalı, Tez Yöneticisi; Doç. Dr. Fatma Eti Aslan. İstanbul-2004.
25. Vatansever E. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi; "Cerrahi Yoğun Bakım Ünitesinde Mekanik Ventilatore Bağlı Hastalarda Ağrı Davranışlarının İncelenmesi" Marmara Üniversitesi Cerrahi Hastalıkları Hemşireliği Anabilim Dalı, Tez Yöneticisi; Doç. Dr. Fatma Eti Aslan. İstanbul-2004.
26. Eti Aslan F. Ağrı Doğası ve Kontrolü, 1. Basım. Avrupa Tıp Kitapçılık, İstanbul, 2006.
27. Güleç G, Güleç S. "Ağrı ve ağrı davranışı", Ağrı, 2006,18[4]:5-9.
28. Göldoğan F, Ofluoğlu S. "Ağrı kontrolünde temel yaklaşımlar", OMÜ TıpDergisi, 1993,10:111-118.
29. Babacan A, Akçalı D. Ağrının Sınıflandırılması, In: Eti-Aslan F [Ed], Ağrı Doğası ve Kontrolü, İstanbul. Avrupa Tıp Kitapçılık, 1. Basım, 2006
30. Kuşuoğlu S. Ağrı algısını etkileyen faktörler, In: Eti-Aslan F [Ed], Ağrı Doğası ve Kontrolü, İstanbul. Avrupa Tıp Kitapçılık, 1. Basım, 2006: 51-59
31. Önal A. Algoloji, İstanbul. Nobel Tıp Kitabevi, 2004
32. Berker E, Dinçer N. Kronik ağrı ve rehabilitasyonu. Ağrı 2005; 2; 10-16
33. Pasero, C., Mc Caffery, M. [2000]. When Patient Can't Report Pain. Am J Nursing 99[7]: 13-20.

34. Tulunay M., Tulunay F.C. [2000]. Ağrı Değerlendirmesi ve Ölçümü. S Erdine [Ed], Ağrı, 1. Baskı, Alemdar Ofset, 91-110, İstanbul
35. Eti-Aslan F. Ağrı değerlendirme yöntemleri. Cumhuriyet Üniversitesi Hemşirelik Yüksekokulu Dergisi, 2002, 6: 9-16
36. Karayurt Ö. Ameliyat öncesi uygulanan farklı eğitim programlarının hastaların anksiyete ve ağrı düzeylerine etkisi. Cumhuriyet Üniversitesi HYO Derg 1998; 2[1]: 20-26
37. Mac Lellan K. Management of Pain: A Practical Approach for Health Care. Editör:L. Wogens, Nelson Thornes Ltd, United Kingdom, 2006
38. Pasero, C., Mc Caffery, M. [2000]. When Patient Can't Report Pain. Am J Nursing 99[7]: 13-20.
39. <http://saglik.ceplog.com/agri-ve-cesitleri.html>. (Erişim tarihi: 15.03.2023)
40. Karakaş S. Erişkin Türk hasta popülasyonunda ağrı tedavisinde sık tercih edilen dört farklı ağrı ölçeğinin karşılaştırılması. Celal Bayar Üniversitesi Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı, Uzmanlık Tezi Manisa, 2010
41. Ruth MC, Rozzano L, Lynn CE. The effect of music on pain and acute confusion in older adults undergoing hip and knee surgery. Holistic Nurs Prac 2006; 20[5]: 218-224
42. Melzack, R., Katz, J. [1992]. The MC Pain Questionnaire: Appraised and Current Status. Handbook of Pain Assessment, The Guilford Press. 152- 168, New York.
43. Waterhouse, M. Why Pain Assessment Must Start With Believing The Patient. Nursing Times, 92[38], 42- 43.
44. Erden S. "Yoğun bakımda ağrı yönetiminde hemşirenin anahtar rolleri" Van Tıp Dergisi, 2015,22[4]:332-336.
45. Fischer AA. Pressure algometry over normal muscles. Standard values, validity and reproducibility of pressure threshold. Pain. 1987 Jul;30[1]:115-26.
46. Fischer AA. Documentation of myofascial trigger points. Arch Phys Med Rehabil 1988; 69: 268-291.
47. Aslan FE, Badır A. Ağrı kontrol gerçeği: hemşirelerin ağrının doğası, değerlendirilmesi ve geçirilmesine ilişkin bilgi ve inançları. Ağrı 2005;17[2]:44-51.
48. Yapay Sinir Ağları Hakkında, [http://www.akademi yapayzeka.com/DesktopDefault.aspx?tabindex=4&tabid=4]
49. Yapay Sinir Ağları. İstanbul: Papatya Öztemel, E. [2003].,
50. Yapay Sinir Ağları, Doğan, O. [2016].
51. <https://www.electronics-tutorials.ws/electromagnetism/hall-effect.html> (Erişim tarihi: 05.04.2023)
52. Alpar, R., (2003). Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistiksel Yöntemlere Giriş-1, Nobel Yayınları, Ankara.
53. <https://tektasi.net/wp-content/uploads/2019/02/Curve-Fitting.pdf> (Erişim tarihi:05.04.2023)